Gehler
Phys. g.
133(4

Digitized by Google

<36602812260019

<36602812260019

Bayer. Staatsbibliothek

Digitized by Google

Physic. gen. opt.
Physica. Logica. 11.

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbuch

oder

Versuch

einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter

der Naturlehre

mit kurzen Nachrichten von der Geschichte der Erfindungen und Beschreibungen der Werkzeuge begleitet

in alphabetischer Ordnung

von

D. Johann Samuel Traugott Gehler

Oberhofgerichtsassessorn und Senatorn zu Leipzig, auch der ökonomischen Societät daselbst Ehrenmitgliede.

Vierter Theil

von See bis Z

mit sechs Kupfertafeln, Taf. XXII. bis XXVII.

Leipzig,
im Schwickertschen Verlage 1791.

Digitized by Google

Bayerische
Staatsbibliothek

Digitized by Google

Vorerinnerung.

Das physikalische Wörterbuch, dessen Hauptinhalt ich, meinem Plane und Versprechen gemäß, mit diesem vierten Theile beschließe, hat eine so günstige Aufnahme gefunden, daß ich mir wohl mit der Hofnung schmeicheln darf, meinen Zweck dabey nicht ganz verfehlt, und durch Ausarbeitung desselben etwas zur Beförderung und Ausbreitung des erhabnen Studiums der Natur beygetragen zu haben. Ich müste ganz ohne Gefühl gewesen seyn, wenn ich in dem Beyfalle des Publikums und in den Urtheilen der einsichtsvollen Gelehrten, welche dieses Buch öffentlich empfohlen haben, nicht den kräftigsten Antrieb gefunden hätte, auch auf die letztern Theile desselben allen möglichen Fleiß zu verwenden. Hoffentlich wird man wenigstens mein Bestreben nach Vollständigkeit, Ordnung, gründlicher Behandlung der Gegenstände und Deutlichkeit des Vortrags nirgends vermissen, wenn auch schon die Ausführung selbst manche sichtbare Mängel an sich trägt, und weit unter dem Ideale zurückbleibt, das meiner Einbildungskraft beym ersten Anfange des Werks vorschwebte.

Vor allem andern ist meine Arbeit an den letztern Theilen durch die zahlreiche Menge neuer Entdeckun-

Digitized by Google

gen, Verſuche, Muthmaßungen und Syſteme erſchweret worden, welche bey den ſchnellen Fortſchritten der Wiſſenſchaft während der letztern fünf Jahre zu dem ohnehin ſchon ſo großen Vorrathe des über die Natur Erfahrnen und Gedachten hinzugekommen ſind. In einigen ſehr wichtigen phyſikaliſchen Lehren z. B. der von Wärme und Feuer, von Zerlegung und Zuſammenſetzung des Waſſers u. a. m. haben während dieſes Zeitraums die herrſchenden Vorſtellungsarten und Meinungen mehr, als einmal, abgewechſelt; bald ſind durch neue Erfahrungen Sätze aufgeſtellt worden, welche großen Beyfall zu verdienen und über die dunkelſten Fächer ein unerwartetes Licht zu verbreiten ſchienen; bald hat man durch widerſprechende Erfahrungen dieſe Sätze wiederum zweifelhaft zu machen geſucht. So war bey der Vollſtändigkeit, die ich ſuchte, von Zeit zu Zeit manches Neue aufzunehmen, bisweilen auch das bereits Aufgenommene wieder abzuändern und aus einem andern Geſichtspunkte darzuſtellen. Dies iſt ſo weit gegangen, daß ich nicht ſelten um neuer Beobachtungen oder Vorſtellungsarten willen ganze Artikel, noch unmittelbar vor ihrem Abdrucke, umgearbeitet habe.

Dieſe während der Arbeit hinzugekommenen Ergänzungen haben in einem alphabetiſch geordneten Werke der Natur der Sache nach nicht allemal den-

Digitized by Google

jenigen schicklichen Platz finden können, an welchem sie der Leser vielleicht am ersten suchen wird; oft ist es sogar nicht möglich gewesen, sie mit dem, was bereits in den vorhergehenden Theilen über ebendenselben Gegenstand gesagt war, in den gehörigen Zusammenhang zu bringen. Es ist hieraus hin und wieder ein gewisser mir sehr unangenehmer Mangel an Connexität entstanden, den man z. B. bey Vergleichung der Artikel **Feuer** im zweyten, und **Wärme** im vierten Theile, gar leicht wahrnehmen wird. Ueberdies hat noch eine ziemliche Anzahl der neusten Beobachtungen und Bemerkungen gänzlich wegbleiben müssen, weil für dieselben im letzten Theile schlechterdings keine schickliche Stelle mehr zu finden war.

Um diesen Mängeln, so viel in meinen Kräften steht, abzuhelfen, werde ich in einem noch hinzuzufügenden fünften Theile nicht nur die nöthigsten Ergänzungen, Zusätze und Berichtigungen in alphabetisch geordneten Artikeln nachfolgen lassen, sondern auch, nach dem Beyspiele des Macquerischen chymischen Wörterbuchs, in einem genau ausgearbeiteten Realregister bey jedem Worte auf alle Stellen verweisen, welche die dazu gehörigen oder damit verwandten Gegenstände und Sätze betreffen, um dadurch den Lesern die Bequemlichkeit zu verschaffen, daß sie alles, was von einem Gegenstande oft unter

Digitized by Google

mehrern Artikeln vorkömmt, und was sie sonst nicht allezeit da, wo sie es zuerst suchen, möchten finden können, zusammen übersehen und nach Gefallen am gehörigen Orte nachschlagen können. Zugleich werde ich auch Register der lateinischen und französischen Kunstwörter nebst dem Vorschlage einer Ordnung mittheilen, in welcher die Artikel des ganzen Werks als ein zusammenhängendes Lehrbuch der Physik gelesen werden können.

Diesen die Supplemente und Register enthaltenden Theil hoffe ich mit der Ostermesse des künftigen Jahres zu vollenden, und dadurch meiner Arbeit denjenigen Grad der Vollständigkeit und Brauchbarkeit zu geben, den ich nach den Umständen der Zeit und meiner Lage nur immer zu erreichen fähig bin, und nach welchem ich mit dem möglichsten Fleiße zu streben für Pflicht halte. Leipzig, im Monat Julius, 1791.

D. Johann Samuel Traugott Gehler.

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbuch

oder

Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstworte der Naturlehre, in alphabetischer Ordnung.

S.

See, s. Meer.

Seen, Landseen, Lacus, Stagna, *Lacs*, *Etangs*. Diesen Namen führen die stehenden Gewässer mitten im Lande, welche in keiner sichtbaren, wenigstens keiner unmittelbaren, Gemeinschaft mit dem Weltmeere stehen. Man theilt sie gewöhnlich in **eigentliche Seen** und **Sümpfe**, wobey man unter den letztern diejenigen versteht, welche gar keinen sichtbaren Abfluß haben. In diesem Sinne ist das sogenannte kaspische Meer ein Sumpf. Andere Schriftsteller, z. B. **Lulofs**, nennen Sümpfe (paludes) nur diejenigen Sammlungen von Wasser, die durch Vermischung mit erdigten Theilen einen Theil ihrer Flüßigkeit verlohren haben. Von diesen werde ich bey dem Worte **Sümpfe** handlen.

Die **eigentlichen Seen** (lacus, *lacs*) mit sichtbaren Abflüssen verändern gewöhnlich ihre Höhe zu verschiedenen Zeiten des Jahres, je nachdem sich die Menge der Zuflüsse und des Niederschlags aus dem Luftkreise ändert. Bey Seen, welche ihre Zuflüsse aus entlegnen Orten erhalten, kömmt es nicht blos auf die Witterung in den nächsten Gegenden, sondern hauptsächlich auf die Veränderungen in den Gebirgen an, aus welchen die Seen das Wasser empfangen. Daher können Seen sehr anwachsen, wenn der Schnee auf den Gebirgen zerschmelzt, ohne daß man in ihrer Nachbarschaft Regen oder Näsſe bemerkt. Der **Genfersee** ändert seine Höhe im Jahre oft auf 12 bis 16 Fuß, steigt gewöhnlich vom Ende des Jänners bis zum Julius oder August, und nimmt in dem übrigen Theile des Jahres nach und nach wieder ab, welches ohne Zweifel von dem Schmelzen

Digitized by Google

des Schnees auf den Alpen und dem ſtärkern Zufluſſe der Rhone herrührt (ſ. Journal Helvetique, Juin 1741 und Août 1746. auch im Hamburg. Magazin B. X. St. 1. N. 5 und B. XI. St. 2. N. 4.)

Manche Seen verlieren zu gewiſſen Zeiten alles Waſſer, ſo, daß ihr Boden ganz trocken wird. Einer der merkwürdigſten dieſer Art iſt der Czirknitzerſee (Lacus Lugeus) in Crain, welchen D. Brown (Philoſ. Trans. num. 54. p. 1083. num. 109. p. 194. und Valvaſor Ehre des Herzogthums Crain, Laybach 1689. fol. To. I. auch in Act. Erud. Lipſ. Dec. 1689. p. 634. ſqq. und Philoſ. Trans. num. 191. p. 411.) beſchreiben. Er iſt 1 deutſche Meile lang, ½ Meile breit, ohngefähr 15 Fuß tief und nimmt 8 Flüſſe auf. Um Jacobi, zuweilen auch erſt im Auguſt, fängt ſeine Oberfläche an zu ſinken, und in 25 Tagen wird der ganze See ſo leer, daß man 3 Wochen nachher aus dem auf dem Boden gewachſenen Graſe gutes Heu machen kan. Man beſäet dann gewiſſe Stellen mit Hirſen, welcher gewöhnlich noch reifet und eingebracht wird, ehe das Waſſer wiederkömmt. Der Abfluß ſowohl, als der Ausbruch des Waſſers geſchieht durch Löcher und ſteinigte Gänge im Boden, durch welche es ſo ſchnell hervordringt, daß der See insgemein in 18 – 24 Stunden angefüllt wird. Einige Oeffnungen im Boden geben lauteres Waſſer, andere ſpringen ſehr hoch und bringen eine Menge Fiſche mit, aus einigen kommen auch ſchwarze nicht längſt ausgebrütete Waſſervögel. Zuweilen geſchehen auch dergleichen Veränderungen im Jahre zwey bis dreymal, zuweilen in einigen Jahren gar nicht; aber nie iſt der See ein ganzes Jahr hindurch trocken. Dieſes ſeltſame, jedoch glaubwürdig bezeugte Verhalten des Czirknitzer-Sees wird insgemein durch eine Art von unterirdiſchem Heber erklärt. Ohne Zweifel befinden ſich in den umliegenden Bergen höhere Waſſerbehälter, wie AB, Taf. XXII. Fig. 1. Nun ſey CD ein Gang von einem ſolchen Behälter zur Höhle DLK, welche unter dem Boden des Sees GFH liegt, und mit ihm durch die Canäle FE verbunden iſt. So lange die Oberfläche des Waſſers in AB höher ſteht, als C, bekömmt die Höhle DLK,

also auch der See GH, Wasser davon; sobald aber jene Wasserfläche unter C tritt, hören diese Zuflüsse auf. Nun bekömmt zwar der Czirknitzer-See noch durch acht Flüsse Wasser; aber er giebt auch durch zwo Höhlen M eine große Menge Wasser von sich in den Fluß Jersero, welcher noch ausserdem mit dem untern Wasserbehälter DLK Zusammenhang haben muß, weil er noch zwey Tage läuft, nachdem der See gänzlich ausgetrocknet ist. Diesen Abfluß durch drey Oeffnungen können die acht Flüsse nicht ersetzen, und der See muß so lange trocken bleiben, bis ihm der obere Wasserbehälter AB durch CD wieder Zufluß geben kan. So soll bey Kauten im Insterburgischen Distrikte in Preussen ein See seyn, der abwechselnd drey Jahre trocken ist, und drey Jahre Wasser hat (Acta Acad. Nat. Curios. Decad. II. no. 5.) Nach Anleitung der Erklärung des Czirknitzer-Sees übersieht man die Möglichkeit solcher Erscheinungen; die nähern Umstände müssen aus der Lokalbeschaffenheit in jedem besondern Falle erklärt werden.

Der Gehalt des Wassers der Landseen ist, wie sich leicht vermuthen läßt, sehr ungleich. Manche, z. B. der Genfersee, der Wettersee in Schweden, sind sehr rein; im letztern kan man auf 20 Klaftern tief einen Pfennig auf dem Boden sehen. Der Lough-Neagh in Irland (Philos. Trans. num. 158. p. 552.) ist wegen seiner versteinernden Eigenschaft bekannt. Er durchdringt das Holz, ohne seine Gestalt zu verändern, mit einer eisenhaltigen Materie, die bisweilen von einem und ebendemselben Stücke nur einen Theil angreift, den andern aber unverändert läst. Der letztere verbrennt im Feuer zu Kohle, der erstere glühet nur, und wird etwas leichter, weil noch einige unveränderte Holzfasern mit einer bläulichen Flamme verbrennen; gepülvert wird er vom Magnet gezogen. Die eisenhaltige Materie scheint nicht gleichförmig, sondern fleckweise, mit dem Wasser vermischt zu seyn; auch friert im Winter nicht die ganze Fläche des Sees zu, sondern behält hin und wieder runde ofne Flecken.

Eine große Anzahl Landseen hat salziges Wasser, obgleich alle ihre Zuflüsse süsses Wasser führen. Solche

Salzseen finden sich häufig in Sibirien (s. P. S. Pallas Reisen durch verschiedene Provinzen des russischen Reichs, besonders im 2ten und 3ten Bande). Vorzüglich merkwürdig ist der reiche Salzsee Elton (oder auf kalmückisch Altan-nor), wo über tausend Menschen Salz brechen, und in dessen Nachbarschaft auch der gesalzene Thau sehr gewöhnlich ist.

Die meisten zählen zu diesen Salzseen auch das schwarze Meer (Pontus Euxinus), obgleich dasselbe kein eigentlicher Landsee ist, sondern durch die Meerenge bey Constantinopel (Bosphorus Thracicus) mit dem Mare di Marmora (Propontis) zusammenhängt, und dadurch mit dem mittelländischen Meere in Verbindung steht. Man kan dasselbe dennoch zu den Seen zählen, da sein Wasser größtentheils eingeschlossen ist und im Winter frieret. Die Oberfläche des schwarzen Meeres beträgt auf 4100 Quadratmeilen, und die Donau, der Dniester, Nieper, Don ꝛc. ergiessen darein eine große Menge süsses Wasser. Man findet darauf keine Insel, und gegen Norden hängt es durch die Meerenge Caffa mit dem Asofischen See oder dem sonst sogenannten mäotischen Sumpfe zusammen. Die Stürme toben in diesem Meere schrecklich, weil sie nirgends einen Ausgang finden, sondern an den schroffen Seiten der Alpen und des Caucasus auf allen Seiten Widerstand antreffen. Das Salzwasser scheint es aus dem mittelländischen Meere durch einen untern Strom zu erhalten. Denn obgleich das obere Wasser durch den Bosphorus beständig nach dem mittelländischen Meere fließt, s. Meer, so hat doch Marsigli durch das Senkbley gefunden, daß der Strom in der Tiefe die entgegengesetzte Richtung nehme. Das oben ausfliessende Wasser ist weniger salzig, als das unten einströmende. Nach dem Diodor von Sicilien ist die Gemeinschaft des schwarzen Meeres mit dem mittelländischen erst mit der Zeit entstanden, und Polybius vermuthet, der Bosphorus werde dereinst durch Sand und Erde wiederum verschlemmt werden.

In Ansehung des Zufrierens findet man an den Seen vieles Besondere. Der See Neß in Schottland soll nie

Digitized by Google

zufrieren, ſondern ſtets einen ſtarken Dampf von ſich geben. Der Loch Monar und ein kleiner See in Straherrik frieren vor dem Februar, ſelbſt beym ſtrengſten Froſte, nie ganz zu; nach dieſer Zeit aber frieren ſie in einer Nacht, und bekommen in zwoen Eis von anſehnlicher Stärke. Andere ſchottiſche Seen ſind immer gefroren, und das Eis thaut nur am Rande in den heiſſeſten Sommern auf (ſ. Account of ſome extraordinary lakes in Scotland by Sir *Ge. Mackenzie*, Philoſ. Trans. num. 114. p. 307.); eben ſo auch der Eisſee im Canton Bern. Dieſe Umſtände kommen von mancherley Urſachen her; das beſtändige Flüßigſeyn von der Miſchung des Waſſers, von warmen Quellen, von der Bewegung; der beſtändige Froſt von Schatten oder umgebenden hohen Schneebergen.

Unterirdiſche Gänge und Höhlen, die mit ſolchen Seen in Verbindung ſtehen, können durch ausbrechende Dämpfe und Winde verurſachen, daß die Seen toben und mit Ungeſtüm Wellen werfen, wenn gleich der Luftkreis ſtill und heiter iſt — eine Erſcheinung, die man bey den Landſeen nicht ſelten wahrnimmt.

Die Tiefe der Seen iſt ſehr ungleich. Im Wetterſee in Schweden findet man an einigen Orten auf 300 Klaftern, im Neß in Schottland auf 600 Klaftern tief noch keinen Grund. Der Genferſee hat zwiſchen Lauſanne und Meillery Stellen von 8–900 Fuß, und an andern Orten einen Büchſenſchuß weit vom Lande ſchon auf 5–600 Fuß Tiefe.

Die Seen ohne ſichtbaren Abfluß, oder die ſogenannten Sümpfe (Stagna, *Etangs*,) verändern die Höhe ihrer Oberfläche nicht merklich, ob ſie gleich merkliche Zugänge haben, und oft viele und anſehnliche Flüſſe aufnehmen. Die meiſten und gröſten dieſer Art finden ſich in Aſien: auſſerdem nur wenige und kaum hinlänglich bekannte in Afrika und Südamerika.

Der vornehmſte und beträchtlichſte dieſer Art iſt der kaſpiſche See, ſonſt auch das kaſpiſche Meer (Mare Hyrcanum ſ. Caſpium) genannt. Dieſer iſt ohngefähr 7820 Quadratmeilen groß, und in der Mitte über 300 Fuß tief. Ptolemäus gab ihn zuerſt auf ſeiner Karte an,

Digitized by Google

ſetzte aber die Breite deſſelben gröſſer, als die Länge, welchen Fehler **Olearius** in ſeiner moſkowitiſchen und perſiſchen Reiſebeſchreibung zuerſt angemerkt hat. **Herodot** beſchreibt das kaſpiſche Meer als einen See, **Strabo** aber läſt es mit dem nördlichen Weltmeere zuſammenhängen. Man hat durch das ganze vorige Jahrhundert über die Geſtalt und Beſchaffenheit dieſes Meeres geſtritten. Peter der Große ließ es 1718 zuerſt genau unterſuchen, woraus die erſte richtige Karte deſſelben (Mem. de l'Acad. de Paris 1721. p. 320) entſtand, welche von allen vorigen weit abweicht. Es fallen in daſſelbe ſehr anſehnliche Flüſſe, von welchen die **Wolga** allein, nach einem ohngefähren Ueberſchlage, in jeder Minute 15 Millionen, oder täglich 21600 Millionen Cubikfuß Waſſer hineinbringt. Rechnet man den Zufluß durch den **Jaik**, die **Xemba** u. ſ. w. Regen und Schnee mit eingeſchloſſen, nur doppelt ſo groß, ſo müſſen täglich wenigſtens 648000 Millionen Cubikfuß Waſſer in dieſen See fallen, an dem man jedoch weder einen Abfluß, noch ein Zunehmen ſeiner Höhe bemerkt.

Um nun zu erklären, wo dieſe große Menge Waſſer bleibe, haben einige eine unterirdiſche Verbindung der kaſpiſchen See mit dem ſchwarzen Meere oder mit dem perſiſchen Meerbuſen angenommen. **Kircher** (Mundus ſubterran. To. I. p. 83. ſqq.) führt aus einem perſianiſchen Schriftſteller an, daß das ſchwarze Meer unruhig werde, wenn der Oſtwind auf der kaſpiſchen See ſtürme, dagegen dieſe letztere Wellen werfe, wenn das ſchwarze Meer durch den Weſtwind bewegt werde; ingleichen, daß man an den Ufern des ſchwarzen Meeres Auswürfe von Seegräſern, Bäumen und Schlangen finde, die man ſonſt nur im kaſpiſchen Meere antreffe. Dagegen erzählt der Jeſuit **Philipp April** (Voyage en divers etats d'Europe et d'Aſie, à Paris 1693. 12. ſ. Acta Erud. Lipſ. Febr. 1694. p. 63.), daß man zur Herbſtzeit im perſiſchen Meerbuſen ſehr häufig Weidenlaub finde, obgleich die Weide im mittäglichen Perſien ganz unbekannt ſey, und nur um die Ufer des kaſpiſchen Sees wachſe; auch daß es bey Kilan (dem Hyrcanien der Alten) zween ungeheure Schlünde oder Strudel gebe, durch

welche sich das Wasser ausleere. Nach de l' Isle aber (Mém. de Paris 1720. p. 495.) hat Peter der Große bey seinem Aufenthalte in Paris das Daseyn solcher Strudel gänzlich geläugnet. Nach Bergmanns Ueberschlage ist die Ausdünstung unzureichend, das Phänomen zu erklären; denn wenn man sie jährlich auf 30 Zoll und die Oberfläche des Sees 3650 schwed. Quadratmeilen (10½ auf den Grad, jede zu 36000 Fuß) setzt, so findet sich die jährliche Ausdünstung wenig über 14 Billionen Cubikfuß, da der Zufluß nach der obigen Berechnung über 23½ Billionen Cubikfuß im Jahre betragen müste. Inzwischen verdünstet doch nach Gmelins Meinung (Reise durch Rußland, dritter Theil, St. Petersb. 1774.) eben so viel Wasser, als der See wieder bekömmt, ohne daß er etwas in das schwarze Meer oder den persischen Meerbusen ausleeret.

Das Wasser des kaspischen Sees ist nach den Ufern zu süß. Gmelin fand darinn viel Glaubersalz, und eine eigne von der des Meerwassers unterschiedene Bitterkeit, die er mit der von Galle vergleicht, und der Naphtha zuschreibt. Nach Pallas sind ehemals die Ufer des hyrkanischen Meeres viel weiter ausgebreitet gewesen, und es hat die ganze Crimmische, Kumanische, Wolgaische und Jaikische Steppe mit den Ebnen der großen Tatarey ein allgemeines Meer ausgemacht, welches an dem jetzigen kaspischen und schwarzen Meere zween große und tiefe Busen hatte. Durch einen Durchbruch der Gebirge des thracischen Bosphorus entlud sich das schwarze Meer durch den Propontischen Busen; dadurch ward ein großer Theil des alten Meeres zur Salzsteppe, und der kaspische See zu einem einzelnen Landsee.

Der See Aral fasset ungefähr 650 Quadratmeilen, wird aber jährlich größer, seitdem man den Gihon in ihn geleitet hat. Er wird vom kaspischen See durch ein 50 Meilen breites Sandfeld getrennt; daher sich vermuthen läst, daß beyde vordem zusammengehangen haben, und das Sandfeld blos eine Aufhäufung von Materien ist, welche die Zuflüsse des Arals mit sich geführt haben.

Das todte Meer (Mare Asphalticum) in Palästina ist nur 17 Meilen lang, und 4 Meilen breit, und nimmt

auſſer dem Jordan noch viele kleinere Flüſſe auf. Dieſer See wirft den Aſphalt oder das Judenpech aus, welches auch häufig daraus gefiſcht wird. Die Ufer ſind mit lockerm Kalkſtein umgeben, übrigens thonartig, löchrig und voll Salz. Ueber das Waſſer dieſes Sees hat man Verſuche von Perry (Phil. Tranſ. num. 462. p. 48.) woraus ſich ergiebt, daß es ſehr ſalzig und bitter iſt, einen zuſammenziehenden alaungleichen Geſchmack hat, auf Galläpfel gegoſſen eine Purpurfarbe annimmt, und mit dem Gewächsalkali verbunden einen häufigen erdigten Niederſchlag abſetzt. Sein ſpecifiſches Gewicht iſt gegen das gemeine Waſſer, wie 5 zu 4. Mehrere Merkwürdigkeiten dieſes Sees findet man bey Reland (Palæſtina L. I. c. 38. p. 254-258.) Shaw (Reiſen II. Th. S. 71.) und Büffon (Hiſt. natur. gen. et part. To. I. p. 357.). Nach des letztern Rechnung beträgt die Ausdünſtung hier eben ſo viel, als die Zuflüſſe ausmachen, daß man alſo nicht nöthig hat, eine unterirdiſche Gemeinſchaft mit andern Seen anzunehmen.

Lulofs Einl. zur mathem. und phyſikal. Kenntniß der Erdkugel, a. d. holl. v. Käſtner. Götting. u. Leipz. 1755. gr. 4. Cap. 15. S. 283 u. f.

Torb. Bergmann phyſical. Beſchreibung der Erdkugel, a. d. ſchwed. von Röhl. Erſter Band, Greifswald 1780. gr. 8. III. Abth. Cap. 3 u. 4. S. 336 u. f.

Seeſalzſäure, ſ. Salzſäure.

Seewaſſer, ſ. Meer.

Segners hydrauliſche Maſchine, Segneriſches Waſſerrad, Machina hydraulica Segneri, *Machine hydraulique de Segner.* Herr von Segner gab, als er in Göttingen lehrte, eine Maſchine an, welche durch die Zurückwirkung des aus Röhren auslaufenden Waſſers bewegt wird. ABCDEFGH, Taf. XXII. Fig. 2, ſey der Boden eines ſenkrechten, oben ofnen Cylinders, der ſich um ſeine vertikalſtehende Axe drehen läſt. Bey A, B, C u. ſ. w. ſind an dem Boden horizontale Röhren angeſetzt, die am vordern Ende verſchloſſen ſind, unweit deſſelben aber Seitenöfnungen haben, die ſich alle nach einerley Seite zu keh-

Digitized by Google

ren. Wenn man nun den Cylinder beſtändig mit Waſſer gefüllt erhält, welches zu den Seitenöfnungen a, b, c ... herausläuft, ſo wird ſich der Cylinder um ſeine Axe nach der entgegengeſetzten Richtung AHGFE ... umdrehen.

Nemlich der Druck, den das Waſſer ausübt, wirkt gleich ſtark auf beyde Seiten der Röhren Aa, Bb, Cc, gegen die Seitenwände. An den Stellen aber, wo die Oefnungen ſind, findet dieſer Druck keinen Widerſtand, ſondern kan einen freyen Ausfluß bewirken. Der Druck an den gegenüberſtehenden Stellen wirkt alſo hier gegen die feſten Seitenwände, ohne durch einen gleichen entgegengeſetzten Druck aufgehoben zu werden. Er treibt alſo die Stelle, gegen die er gerichtet iſt, fort, und bewirkt dadurch, weil der Cylinder leicht zu bewegen iſt, eine Umdrehung deſſelben um ſeine Axe.

Man hat geſagt, daß Herr von Segner durch die Betrachtung der carteſianiſchen Teufel auf die Erfindung dieſer Maſchine gekommen ſey, ſ. Carteſianiſche Männchen. Denn dieſe drehen ſich, wenn ſie in die Höhe ſteigen, aus gleichem Grunde um, indem die Luft das Waſſer, das in die Hölung eingedrungen war, durch ein kleines Loch an der Seite wieder heraustreibt. Sonſt hat man auch gewundene Röhren von Glas, ohngefähr in Form der archimedeiſchen Waſſerſchraube, die ſich oben in eine Art von Trichter erweitern, und unten in eine enge Oefnung endigen. Man hängt ſie oben, wo der Trichter iſt, auf die Spitze einer Stange, um die ſie ſich drehen können, und gießt das Waſſer in den Trichter. Indem dieſes unten ausläuft, dreht ſich das Ganze um die Stange nach einer Richtung, die der Richtung des auslaufenden Waſſers entgegengeſetzt iſt.

Die allgemeine Theorie dieſer Maſchine hat Euler (Recherches ſur l'effet d'une machine hydraulique propoſée par M. Segner in den Mém. de l'acad. de Pr. 1750. p. 311. Application de la mach. hydraul. de M. Segner à toutes ſortes d'ouvrages ebend. 1754. p. 227. De motu et reactione aquae per tubos mobiles transfluentis in Nov. Comm. Petrop. To. VI. p. 312.) gelehret. Herr Joh. Albert Euler (Enod. quæſt. quomodo vis aquæ cum

maximo luero ad molas circumagendas &c. impendi poſſit; præmio ornata a Soc. Gotting. 1754. 4.) hat die Theorie noch allgemeiner gemacht, und eine verbeſſerte Einrichtung dieſer Maſchine vorgeſchlagen, die man bey Karſten (Lehrbegrif der geſamt. Math. VI. Theil. Hydraulik. Greifsw. 1771. 8. XXXV. Abſchn.) beſchrieben findet.

Schon Johann Bernoulli (Hydraulica, edit. 1732. et in Opp. To. IV.) hat ein Epimetrum de vi, per quam vas retrourgetur, dum aqua ex eo erumpit in directione horizontali. Der Gedanke, eine Maſchine, wie die ſegneriſche, durch Dämpfe zu bewegen, findet ſich beym Muſſchenbroek (Introd. ad philoſ. nat. ed. Lugd. Bat. 1762. 4maj. To. II. §. 1469.) wo auch (§ 1470.) Segners Maſchine erwähnt wird. Die Dampfmaſchine des Herrn von Kempelen, ſ. Dampfmaſchine (Th. I. S. 568.) beruht auf eben dieſem Grunde, aus dem ſich auch die Umdrehung des elektriſchen Rads erklären läſt, wovon Hamilton in Dublin (Philoſ. Trans. Vol. LI. Part. II. p. 905.) der Erfinder iſt, ſ. Rad, elektriſches.

Prieſtley (Geſchichte der Elektric. durch Krünitz S. 280.) bemerkt, daß eine Aeolipile, deren Stiel man eben ſo, wie die Dräthe des elektriſchen Rads, umgebogen und die man im Schwerpunkte an einem Faden aufgehangen habe, ſich allemal nach der der Oefnung entgegengeſetzten Richtung umdrehe, ſie möge nun den Dampf durch die Erhitzung ausſtoßen, oder durchs Abkühlen wiederum Luft oder Waſſer einſaugen. Er ſucht dadurch zu erklären, warum ſich das elektriſche Rad immer nach einerley Seite dreht, die Spitzen mögen ausſtrömen, oder einſaugen.

Käſtner Anfangsgr. der Hydrodynamik. Götting. 1769. 8. S. 604. u. f.

Sehen, Geſicht, Viſio, Viſus, *Viſion, Vue*. Mit dieſen Namen bezeichnet man die allgemein bekannte Empfindung, welche die körperlichen Gegenſtände vermittelſt des Lichts und durch das Auge in uns hervorbringen, eine Empfindung, die uns in Stand ſetzt, von der Lage, Geſtalt, Größe, Bewegung, Farbe ꝛc. der ſichtbaren Dinge zu urtheilen. Vom Lichte, als der materiellen Urſache des

Sehens, ingleichen vom Auge, als dem dazu bestimmten Werkzeuge ist unter eignen Artikeln gehandelt worden; hier bleibt uns noch die Empfindung des Sehens selbst, und die Art, wie wir über dieselbe urtheilen, zu betrachten übrig.

Die Lichtstralen, welche von den Gegenständen ins Auge kommen, entwerfen auf der Netzhaut oder Markhaut desselben ein umgekehrtes Bild, s. Auge, (Th. I. S. 192 u. f.). In dieser Rücksicht ist das Auge einem verfinsterten Zimmer ähnlich; aber man würde die Vergleichung zu weit treiben, wenn man sich die Seele als den Zuschauer in diesem Zimmer vorstellen, und etwa glauben wollte, sie empfände die Gegenstände durch eine wirkliche Anschauung des im Auge entworfenen Bildes. Eine solche Erklärung würde der Seele gleichsam ein zweytes Auge beylegen, womit sie das Bild im ersten anblickte; ein Gedanke, dem man nicht Raum geben kan, ohne die Erklärungen in einem ewigen Kreise umlaufen zu lassen.

Dennoch hat die Beschaffenheit des Sehens selbst, sehr viel mit der Beschaffenheit des Bildes gemein. Man sieht die Gegenstände in eben der Ordnung neben einander, in welcher die Theile des Bildes im Auge liegen; sie stellen sich gröſſer oder kleiner dar, je nachdem ihre Bilder gröſſer oder kleiner sind; sie erscheinen ruhend oder bewegt, je nachdem die Bilder ihre Stellen behalten oder verändern; endlich ist auch die Deutlichkeit oder Undeutlichkeit des Sehens unzertrennlich mit Deutlichkeit oder Undeutlichkeit der Bilder verknüpft. Das Sehen stimmt also mit dem Bilde überein, obgleich nicht das Bild gesehen wird.

Die Ursache dieser Uebereinstimmung kan ich mir am besten auf folgende Art vorstellen. Die Netzhaut mag ein zartes Gewebe von unzählbaren Nerven seyn, welche aus dem Gehirn hervorgehen, zusammen den Sehnerven ausmachen, und sich auf der Fläche der Netzhaut in unendlich feine Wärzchen oder Spitzen enden. Diese Nervenspitzen sind der eigentliche Sitz des Gesichts, wie die Fühlkörner der Sitz des Gefühls sind, s. Gefühl. Jede Spitze bringt durch den Nerven, dem sie zugehört, die Empfindung des Lichtstrals, von dem sie getroffen wird,

Digitized by Google

in das Senſorium. Die Nerven ſelbſt gehen in eben derſelben Ordnung über und neben einander fort, in welcher ihre Spitzen liegen. So erhält das Senſorium die Eindrücke in eben der Ordnung, in welcher die Lichtſtralen auf die Netzhaut fallen, und in der alſo die Theile des Bildes liegen. Die Ordnung der einfallenden Lichtſtralen beſtimmt daher nicht nur die Ordnung der Theile des Bildes, ſondern auch zugleich die Empfindung, welche die Seele von der Ordnung der Gegenſtände und ihrer Theile erhält. Nothwendig müſſen alſo beyde übereinſtimmen, nicht, weil die Seele das Bild ſieht, ſondern weil Stelle des Bildes, und Empfindung von der Stelle des Gegenſtandes, beyde durch einerley Urſache, nemlich durch die Stelle der Nervenſpitze, die das Licht empfängt, beſtimmt werden. Hieraus wird die Uebereinſtimmung des Sehens mit dem Bilde in Abſicht auf Ordnung, Geſtalt, Größe und Bewegung ſehr leicht begreiflich.

Was die **Deutlichkeit** betrift, ſo entſteht dieſe beym Bilde daraus, daß Lichtſtralen, die aus einerley Punkte des Gegenſtands auf die Pupille gekommen ſind, genau wieder in einerley Punkt der Netzhaut vereiniget werden. Geſchieht aber dieſes, ſo wird auch die Nervenſpitze, die ſich in dieſem Vereinigungspunkte befindet, von keinem andern Lichte getroffen, als blos von ſolchem, das aus dieſem Punkte des Gegenſtandes kam, und der Nerve, dem ſie zugehört, führt nun die Empfindung dieſes Punkts **allein** und **unvermiſcht** an der gehörigen Stelle ins Senſorium über. Hieraus entſteht **deutliche Empfindung** dieſes Punkts. Iſt hingegen das Bild undeutlich, ſo vereinigen ſich die Stralen, die aus einerley Punkte des Gegenſtandes kommen, entweder ſchon vor, oder erſt hinter der Netzhaut, und bilden auf dieſer, anſtatt des Punktes, einen ganzen Kreis ab, der ſich über mehrere Nervenſpitzen zugleich verbreitet. Auf dieſe Weiſe erhält jede Spitze vermiſchtes Licht aus mehrern Punkten des Gegenſtandes zugleich, weil ſie in mehrern ſolchen Kreiſen zugleich liegt. Jeder Nerve bringt daher **vermiſchte** Empfindungen vieler nebeneinander liegender Punkte des Gegenſtandes mit ſich an ei-

Digitized by Google

nerley Stelle. Hieraus entsteht undeutliche Empfindung der Grenzen, welche in einander zu laufen scheinen, und so ist das undeutliche Bild im Auge nothwendig mit Undeutlichkeit des Sehens selbst begleitet.

Mir wenigstens scheint diese Vorstellungsart die Sache ganz deutlich zu machen. Dennoch will ich sie niemand als ausgemachte Wahrheit aufdringen, noch weniger mir anmassen, eine Erklärung über die Art und Weise zu geben, wie die Empfindungen des Lichts durch die Nerven der Seele mitgetheilt werden, worüber es wohl am besten ist, ganz zu schweigen, so lang wir noch nicht wissen, wie das Materielle überhaupt auf den Geist wirken kan.

Diese Empfindungen aber, die in Absicht auf Ordnung, Gestalt, Grösse und Deutlichkeit der Theile mit dem Bilde im Auge übereinstimmen, sind doch für sich allein noch nicht hinreichend, uns alle die Vortheile zu gewähren, die wir durch den unaussprechlich wohlthätigen Sinn des Gesichts in der That erhalten. Sie sind an sich nur Zeichen, welche die Seele erst mit andern Begriffen verbinden, und worüber sie Urtheile fällen muß. Erst diese Urtheile belehren uns über die Beschaffenheit der ausser unserm Auge befindlichen Körper. Die Fähigkeit, solche Urtheile zu fällen, erlangt der Mensch durch Vergleigleichung des Gesehenen mit dem, was ihn die andern Sinne lehren, und vorzüglich mit den Empfindungen des Gefühls. Schon in der frühsten Kindheit fängt diese erste Bildung und Uebung der Urtheilskraft an, weit eher, als die Seele sich dessen, was in ihr vorgeht, nur einigermassen deutlich bewust ist. Hieher gehört der fast unwiderstehliche Trieb der Kinder, alles, was sie sehen, zu befühlen. Endlich bildet sich durch solche Uebungen ein Vermögen, über Dinge, die dem Auge täglich vorkommen, und oft mit dem Gefühl verglichen worden sind, schnell und richtig zu urtheilen. Dies wird endlich zur Fertigkeit, und verwebt sich so innig mit dem Sehen selbst, daß wir zuletzt nichts mehr sehen, ohne zugleich ein schnelles Urtheil über Entfernung, Grösse und übrige Beschaffenheit des Gesehenen zu fällen. Man gewöhnt sich so sehr an dieses Urthei-

Digitized by Google

len, daß es der gemeine Mann mit der Empfindung des Sehens selbst verwechselt, und daß ein eignes Nachdenken dazu gehört, um die Empfindung der reinen optischen Darstellung (welche mit dem Bilde im Auge übereinstimmt) von dem Urtheile der Seele über das Gesehene wieder abzusondern und zu unterscheiden.

So ist das Sehen, im weitläuftigsten Sinne genommen, wo man die Urtheile über das Gesehene mit begreift, eine Fertigkeit, welche sich die Menschen erst erwerben, und durch Uebung erlernen müssen. Man wird in dieser Kunst endlich so gewiß, daß man bey gewöhnlichen Gegenständen auf den ersten Blick richtig über Grösse, Gestalt, Entfernung u. dergl. urtheilt. Manche bringen es darinn vorzüglich weit, und erwerben sich das, was man im gemeinen Leben ein gutes oder scharfes Augenmaaß nennt. In ungewöhnlichen Fällen hingegen urtheilt man falsch, wenn man den gewöhnlichen Regeln folgt, welche für diese Fälle nicht gelten, s. Gesichtsbetrüge. Wollte man hieraus schliessen, daß uns die Sinne betrügen, so würde man die eigentliche optische Darstellung, welche jederzeit richtig und den Naturgesetzen gemäß ist, mit dem falschen Urtheile, das die Seele darüber fället, verwechseln. Was Licht und Auge beym Sehen thun, ist immer richtig: nur das ist falsch, daß wir es allemal nach den gewöhnlichen Regeln beurtheilen, obgleich die Umstände bisweilen eine ganz andere Beurtheilung erfordern.

Daß man das Sehen, in diesem Sinne genommen, erst erlernen müsse, zeigt sich sehr deutlich an den Blindgebohrnen, welche in einem Alter, wo der Verstand schon gebildet, und das Bewußtseyn deutlich ist, den Gebrauch des Gesichts auf einmal durch eine Operation erhalten. Die Beyspiele solcher Heilungen sind in dieser Absicht ungemein lehrreich. Das bekannteste unter allen ist das von dem englischen Wundarzte Cheselden (Philos. Transact. num. 402. und in Smiths Lehrbegrif der Optik, durch Käſtner, S. 40. u. f.) angeführte. Dieser operirte das Auge eines jungen Menschen von dreyzehn Jahren, welcher schon zuvor bey sehr starkem Lichte Farben, aber nie Gestalten, hatte

unterscheiden können. Nach der Operation reichten dennoch seine schwachen Begriffe von Farben nicht zu, sie ihm noch kenntlich zu machen, und er hielt sie nicht mehr für diejenigen, die er zuvor unter diesen Namen gekannt hatte. Die lebhaftesten Farben gefielen ihm am besten, und Scharlach schien ihm unter allen die schönste; Schwarz mißfiel ihm, und er brauchte einige Zeit, um sich daran zu gewöhnen. Von den Entfernungen wuste er so wenig zu urtheilen, daß er vielmehr glaubte, alles, was er sähe, berührte sein Auge so, wie das, was er fühlte, die Haut. Ob ihm gleich glatte und regelmäßige Formen angenehm waren, so unterschied er doch keine Gestalten ohne Mühe und ohne wiederholte aufmerksame Betrachtung. Er lernte in einem Tage tausend Dinge und Namen kennen, deren Verbindungen er wieder vergaß und verwechselte; es dauerte z. B. sehr lange, ehe er durch das Gesicht allein den Hund und die Katze unterscheiden lernte. Er verwunderte sich sehr, daß die Sachen, die seinem Gefühl am angenehmsten geschienen hatten, nicht auch seinen Augen am besten gefielen: er hatte erwartet, die Personen, die er am meisten liebte, sollten am schönsten aussehen, und was ihm am besten schmeckte, sollte auch das Gesicht am meisten reizen. Gemälde sahe er anfänglich nur als bunte Flächen an; als er aber nach zween Monaten plötzlich die Entdeckung machte, daß sie Körper mit erhabnen und vertieften Theilen vorstellten, war er nicht wenig erstaunt, daß sie sich dennoch eben und glatt anfühlten, und fragte, welcher von seinen Sinnen der Betrüger sey, ob das Gesicht oder das Gefühl.

Im Anfange hielt er alles für sehr groß; als er aber grössere Sachen sahe, hielt er die vorigen für kleiner, und konnte sich nun keine Dinge ausserhalb der Grenzen, die er sahe, vorstellen. So wuste er, daß das Zimmer ein Theil des Hauses sey, konnte aber nicht begreifen, daß das Haus grösser aussehen könne, als das Zimmer. Vor der Operation versprach er sich nicht viel Vortheil von derselben, weil er nicht begrif, was der Sinn des Gesichts zur Vermehrung seiner Glückseligkeit beytragen könne; nachher aber

ward jeder neue Begrif eine neue Ergötzung für ihn, sein Vergnügen stieg so hoch, daß er es nicht auszudrücken vermochte, und er konnte den Wundarzt, der ihm das Gesicht verschaft hatte, nie ohne Freudenthränen und andere Merkmale eines dankbaren Wohlwollens sehen. Ein Jahr nach seinem ersten Sehen brachte man ihn in die Dünen von Epsom, wo er eine weite Aussicht hatte. Diese ergötzte ihn sehr, und er nannte dies eine ganz neue Art von Sehen, u. s. w.

Cheselden meldet, er habe noch mehrern Personen, die zuvor nie gesehen hätten, zum Gesicht verholfen, und alle hätten die Art, wie sie sehen lernten, eben so beschrieben (s. Smith's Lehrbegrif. S. 41). Ein neueres Beyspiel, von dem Oculisten Grant in England beschrieben, das hiemit ebenfalls übereinstimmt, findet man in dem von Herrn Voigt fortgesetzten lichtenbergischen Magazin für das Neuste aus der Physik und Naturgeschichte (IV. B. 1. St. S. 21. u. f.)

Berkeley (Essay on vision, p. 172.) entwickelt sehr deutlich, wie es mit dieser Erlernung des Sehens zugehen möge. Eins von den ersten, was ein Kind unterscheiden lernt, ist die Bewegung seiner eignen Hände und Finger. Diese ist mit einer Bewegung des Bilds im Auge und einer übereinstimmenden Empfindung davon begleitet. Nach dem bekannten Gesetze der Gleichzeitigkeit vergesellschaften sich die Begriffe, die Gefühl und Gesicht von dieser Bewegung geben, gar bald mit einander. Das Kind erinnert sich der Gesichtsempfindung, die es hatte, wenn sein Finger in einer gewissen bestimmten Stelle war, und schließt, wenn ein anderer Körper diese Empfindung auf eben der Stelle der Netzhaut erregt, der Körper befinde sich eben da, wo es vorhin seinen Finger hielt. So lernt es Stellen der Körper, nach und nach auch Bewegungen derselben und deren Richtungen kennen, und erhält endlich Begriffe von Ausdehnung, Lage und Gestalt, indem es die Finger an den Grenzen der Körper herumführt, und die Wendungen der Bewegung beobachtet, oder indem es selbst in einem Zimmer herumgeht, kurz indem es Begriffe des Gesichts und Gefühls mit einander vergesellschaftet und verbindet,

Digitized by Google

woraus endlich auch Begriffe und Urtheile von Größe und Entfernung entstehen. So ist unser Sehen Erinnerung sinnlicher Empfindungen, die wir vormals hatten, begleitet mit dem Schlusse, die jetzt gesehene Sache werde, wenn wir den Versuch anstellten, unsere übrigen Sinne auf eben die Art rühren, wie vormals bey einer gleichen Gesichtsempfindung. Diese Schlüsse erfolgen eben so schnell, als z. B. die Züge der Schrift oder Töne der Worte in unserer Seele die Begriffe der Sachen erregen, welche sie ausdrücken, und mit welchen wir sie zu verbinden gewohnt sind. So erhellt, daß die Art, wie uns das Licht die äussern Dinge darstellt, im Grunde eben so etwas ist, wie die Darstellung durch willkührlich eingeführte Sprach- und Schriftzeichen. Wir sehen nicht durch eine wirkliche Identität des Bilds mit der Sache, sondern durch eine aus beständiger Erfahrung gewohnte Verbindung unserer Ideen von Bild und Sache: und vielleicht hat das Bild eben so wenig gemein mit dem Körper, den es vorstellt, als das Wort mit der Sache, die es ausdrückt.

Es ist sehr nützlich, sich durch den ganzen Umfang der Physik immer hieran zu erinnern. Wir lernen doch die meisten Körper durchs Gesicht kennen, und sind nur allzugeneigt, die Bilder, die uns dadurch eingedrückt werden, für die Körper selbst zu nehmen, wenigstens uns die Körper als so etwas zu denken, wie die Bilder sind. Dies ist aber nur sinnlicher Schein, oder Kleid der Dinge, von der Wirklichkeit und den Dingen selbst vielleicht unendlich verschieden.

Bey Menschen, welchen der Sinn des Gesichts von Jugend auf gemangelt hat, müssen die Vorstellungen von den Dingen ganz anders, und mehr den Empfindungen des Gefühls analog seyn. Wie Blinde Begriffe erhalten, die dem gemeinen Manne mit dem Gesichte nothwendig verbunden zu seyn scheinen, zeigt Thümmig (Versuch einer gründl. Erläuterung der merkw. Begebenh. in der Natur. Halle, 1723. 8. Erstes St. Art. 7.) Manche Blinde bringen es hierinn sehr weit. Ein merkwürdiges Beyspiel hievon war der blinde Professor der Mathematik zu Cambridge, Saunderson, der sich beym Rechnen mit Ziffern

durch eigne Vortheile half, welche von Clemm (Mathematisches Lehrbuch. Stuttg. 1748. 8. S. 143.) erzählt werden.

Locke (Essay concerning human understanding. B. II. ch. 9. §. 8.) erwähnt die von Molyneux aufgeworfene Frage, ob ein Blinder, der durchs Gefühl einen Würfel und eine Kugel unterscheiden gelernt hat, beyde durch den bloßen Anblick unterscheiden würde, wenn er sein Gesicht bekäme. Molyneux sowohl, als Locke, beantworten diese Frage verneinend, weil die durchs Gefühl erhaltenen Vorstellungen mit den Gesichtsempfindungen in keiner natürlichen und nothwendigen Verbindung stehen, sondern blos durch Uebung, welche hier fehlen würde, verglichen werden. D. Jurin (in Smiths Lehrbegrif der Optik, der deutschen Uebers. S. 395.) erinnert doch, der Blindgewesene werde bey genauer Betrachtung bemerken, daß die Kugel das Gesicht von allen Seiten her auf gleiche Art rühre, der Würfel hingegen anders aussehe, wenn man ihn aus andern Stellen betrachte. Da nun das Gefühl ähnliche Merkmale von Kugel und Würfel angebe, so werde er hieraus den Unterschied finden können, wenn man ihm nur sage, daß das eine eine Kugel, das andere ein Würfel sey und ihm verstatte, um beyde herum zu gehen. Eben so hat auch Saunderson selbst hievon geurtheilt, und Priestley glaubt, der Blindgewesene werde zwar einen Kreis vom Quadrate, aber nicht das Quadrat vom Würfel, oder den Kreis von der Kugel, unterscheiden können.

Die Erlernung des Sehens durch Vergesellschaftung der Begriffe erklärt nun sehr leicht eine Frage, deren Beantwortung manchem zu schaffen gemacht hat, nemlich: warum wir die Gegenstände aufrecht sehen, da doch ihr Bild im Auge umgekehrt ist? Man darf sich nur erinnern, daß wir nicht das Bild sehen, und daß unsere Begriffe von Oben und Unten, von rechter und linker Seite, vom aufrechten und umgekehrten ꝛc. relativ sind, indem sie sich auf die Lagen der Dinge gegen Kopf und Füße, gegen beyde Hände u. s. w. beziehen. Diese Lagen bleiben auch im Bilde noch dieselben: was gegen die Füße gekehrt ist, bildet sich auch im Auge gegen den Ort zu ab, wo sich die

Digitized by Google

Füße abbilden. Wir haben gelernt und ſind gewohnt, das für unten zu halten, was ſich an dieſem Orte der Netzhaut abbildet, oder die hier befindlichen Nerven rührt, weil uns das Gefühl belehrt hat, daß wir die Hände nach den Füſſen zu ausſtrecken müſſen, wenn wir es erreichen wollen. Wäre das Auge ſo gebaut, daß das Bild aufrecht ſtünde, ſo würde dies im Sehen ſelbſt nicht den geringſten Unterſchied machen. Die untern Theile würden ſich zwar auf andern Stellen der Netzhaut abbilden und andere Nervenſpitzen rühren, als bey der jetzigen Lage des Bildes: aber es würde daraus blos eine andere Vergeſellſchaftung der Begriffe entſtehen; wir würden lernen das für oben halten, was die obern Nerven der Netzhaut rührte, weil uns das Gefühl belehren würde, daß es vom Erdboden oder von unſern Füßen hinweggekehrt wäre u. ſ. w.

Kepler (Paralipomena ad Vitellionem p. 169.), der zuerſt die Wirkung des Lichts aufs Auge richtig erklärte, ſtellt ſich vor, wenn die Seele den Stoß des Lichtſtrals auf den untern Theil der Netzhaut empfinde, ſo betrachte ſie dieſen Stral ſo, als käme er von oben her, und nehme daher das für den obern Theil der Sache, was ſich unten abbilde: oder, wie ſich **Kepler** eigentlich ausdrückt, der wirkende Theil werde dem leidenden gerade gegenüber empfunden. **Descartes** (Dioptr. Cap. VI. §. 10.) erläutert dies durch das Beyſpiel eines Blinden, der zween einander durchkreuzende Stäbe in den Händen hält, und damit das obere und untere Ende einer aufgerichteten Sache befühlt; dieſer würde das für das obere Ende halten, was er mit dem in der untern Hand befindlichen Stabe berührte. Man kan dieſe Erklärung Keplers und Descartes allenfalls gelten laſſen, wenn man nur dabey bemerkt, daß dieſes Urtheil über die Stellen nicht auf einer natürlichen Nothwendigkeit beruht, ſondern erſt durch Vergleichung mit dem Gefühl gebildet wird; aber ohne dieſe Bemerkung wäre die Auflöſung unzulänglich. Herr **Käſtner** (Hamb. Magazin B. VIII. St. 4. Art. 8. u. B. IX. St. 1. Art. 4.) handelt dieſe ganze Frage ſehr umſtändlich und gründlich ab. Sie hat keine Schwierigkeit mehr, wenn man bedenkt, daß

Digitized by Google

die Seele das Bild im Auge ihres Körpers nicht wieder mit andern Augen ansieht, sondern nur Empfindungen erhält, die nach gewissen Gesetzen mit diesem Bilde übereinstimmen, und die sie erst durch Erfahrung, Vergleichung und Uebung ordnen und beurtheilen lernt.

Eine ähnliche Bewandniß hat es mit einer andern Frage, nemlich: warum wir die Dinge mit zwey Augen nur einfach sehen, da doch jedes Auge ein Bild macht und eine besondere Empfindung veranlaßet? Man hat davon eine Menge Erklärungen geben wollen. **Gassendi** (Opp. To. II. p. 395.) glaubte, man brauche jedesmal nur ein Auge, und lasse das andere ruhen. **Newton** (Optic. Quæst. 25.) erklärte das einfache Sehen aus der Vereinigung beyder Sehnerven, wogegen **Porterfield** (On the Eye Vol. II. p. 285.) aus den Beobachtungen mehrerer Zergliederer erweiset, daß die Sehnerven sich nicht vermischen, sondern nur an einander anlegen; auch hat schon **Kepler** (Dioptr. prop. 62.) bemerkt, daß die Ursache nicht in einer solchen Vereinigung liegen könne, weil wir sonst nie eine Sache doppelt sehen würden, wie doch in manchen Fällen geschieht. **D. Briggs** (Nova visionis theoria p. 25.) leitet das einfache Sehen von der gleichstarken Spannung der übereinstimmenden Theile beyder Sehnerven her, welche mache, daß sie gleichzeitige Schwingungen bekämen. **Porterfield** selbst hält es für eine ursprüngliche Einrichtung der Natur, daß wir die Dinge in der geraden Linie sehen, welche auf die Netzhaut an der Stelle des Bildes senkrecht ist; daher jeder Gegenstand beyden Augen an eben derselben Stelle erscheine. Wenn man aber das eine Auge verdrehe, so irre sich die Seele in Absicht auf die Lage des Auges, und bilde sich ein, es habe sich mit dem andern gleichförmig bewegt, als in welchem Falle das Urtheil von einem doppelten Gegenstande bey doppeltem Bilde richtig seyn würde. Diese Erklärung aber ist allein noch nicht hinreichend; man müste der Seele noch überdies ein natürliches Vermögen beylegen, von der Entfernung der Gegenstände zu urtheilen, damit sie die Stelle der Sache nicht in verschiedene Punkte dieser geraden Linie setze.

Digitized by Google

Man hat aber alle dieſe gekünſtelten Erklärungen nicht nöthig, wenn man überlegt, wie es mit der Erlernung des Sehens zugehe. Urſprünglich mag in uns wegen des doppelten Bildes eine doppelte Empfindung entſtanden ſeyn; allmählich aber fanden wir, daß, wenn zwo übereinſtimmende Punkte der Netzhäute in beyden Augen gerührt wurden, der Gegenſtand nur einfach vorhanden war. Dadurch ward es uns zur Fertigkeit, von dem ſo geſehenen Dinge beym ordentlichen Gebrauche der Augen, als von einem einzelnen, zu urtheilen. So haben ſich gewiſſe beſtimmte Stellen oder Nervenſpitzen in den Netzhäuten beyder Augen gleichſam aneinander gewöhnt, und man ſieht nur einfach, wenn die beyden Bilder auf ſolche Stellen fallen. Fallen aber die Bilder einer Sache auf verſchiedene nicht zuſammengewöhnte Stellen, ſo ſieht man wirklich doppelt, ſ. Horopter.

Nach dieſer ſehr einfachen Erklärung iſt es mit dem Geſicht, wie mit dem Gefühl. Wir fühlen auch jede Sache nur einfach, mit zwo Händen, oder zween Fingern, wenn wir nicht die gewöhnliche Lage der Finger verändern. So hält man z. B. eine Kugel, die man zwiſchen zwey kreuzweis übereinander gelegte Finger faſſet, für zwey, weil die entgegengeſetzten Seiten dieſer Finger nie ſind gebraucht worden, zugleich eine Sache, ſondern nur zwo zu fühlen; welches gutgewählte Gleichniß ſchon Descartes (Dioptrice Cap. VI. §. 18.) anführt. Eben ſo erklärt ſich, warum wir mit zwey Ohren nicht doppelt hören, u. ſ. w. Cheſelden führt in ſeiner Anatomie das Beyſpiel eines Mannes an, dem ein Schlag auf den Kopf das eine Auge verdrückte, und der im Anfang alles doppelt ſahe, bis ihm nach und nach zuerſt die gewöhnlichen, und endlich alle Gegenſtände wieder einfach ſchienen, ohne daß das Auge die gehörige Lage wieder erhielt. Einen ähnlichen Fall erzählt Smith (Lehrbegrif der Opt. der Ueberſ. S. 397.) Dies ſind ſtarke Beweiſe dafür, daß das Einfachſehen ſo, wie alles Sehen, von Gewohnheit abhängt. Porterfield will zwar der Gewohnheit nichts einräumen, und D. Reid (Inquiry into the human mind p. 257.) hält die Uebereins-

Digitized by Google

ſtimmung der Mittelpunkte beyder Augen, worauf das Einfachſehen ankömmt, ebenfalls für angebohren, nicht für erworben. Er bezieht ſich vornehmlich auf **Cheſeldens** Blindgebohrnen, der nach der Operation ſeines zweyten Auges ſogleich alles nur einfach ſahe. Herr **Klügel** aber bemerkt hiebey richtig, dieſer Menſch habe ſchon mit dem einen Auge recht ſehen gelernt, und ſich alſo bey dem ſpäter operirten zweyten nach den Urtheilen des erſten gerichtet.

Die doppelte Empfindung durch beyde Augen iſt auch in der That von der einfachen durch ein Auge allein an Lebhaftigkeit unterſchieden. D. **Jurin** legte ein Papier ſo, daß er eine Helfte davon mit beyden Augen, die andere nur mit einem, ſehen konnte; die erſtere ſchien ihm viel weiſſer und heller. Gröſſer ſchienen ihm die Gegenſtände mit beyden Augen nicht zu werden, auſſer beym Gebrauch eines Binocularteleſkops und eines Hohlſpiegels. **Dû Tour** (Mém. preſentés. Vol. III. IV. V.) behauptet den Satz des Gaſſendi, die Seele beobachte jedesmal nicht mehr, als blos das eine Bild in einem Auge. Er nahm unter andern zwo Scheiben Glas, eine blau, eine gelb, durch welche zuſammen die Gegenſtände grün ausſahen. Von dieſen befeſtigte er jede in eine 3 – 4 Zoll lange, inwendig ſchwarze, Röhre, hielt eine davon vor das rechte, die andere vor das linke Auge, und ſahe durch beyde nach einem 4 – 5 Fuß entfernten Papier. Dieſes ſchien immer entweder blau oder gelb, niemals grün. So führt er auch an, daß man die Dinge nicht gefärbt ſieht, wenn man ein Prisma blos vor das eine Auge hält. Aber daraus, daß man in gewiſſen Fällen nur ein Auge braucht, folgt nicht, daß man immer nur eins gebrauche. Wir mögen wohl in vielen Fällen uns nur eines Auges bedienen, zumal, wenn die Augen ungleich ſind, wo man vorzüglich das beſte gebraucht; es macht aber doch nach allen Erfahrungen einen Unterſchied, ob wir eine Sache mit beyden Augen, oder nur mit einem, betrachten, ſ. **Binocularteleſkop.**

D. **Hartley** (Obſerv. on Man. Vol. I. p. 207.) erinnert, daß die Sehnerven ſich in der Sella turcica in einen Nervenknoten (Ganglion), oder in ein eignes ihnen gleich-

Digitized by Google

sam besonders zugegebnes kleines Gehirn vereinigen, und daher mehr, als andere Theile des Körpers, auf einander wirken. So könne es kommen, daß wir, wenn wir auch blos mit einem Auge sehen, dennoch in dem andern zugleich die mit einem Bilde vergesellschaftete Empfindung haben.

Priestley führt einige besondere Gesichtsbetrüge an, welche beym Gebrauche beyder Augen entstehen. Hält man einen Zirkel, dessen Spitzen ein wenig geöfnet sind, mit hinauswärts gekehrten Spitzen vor die Augen, und richtet die Augenaxen auf einen entfernten Gegenstand in der Linie, die den Zwischenraum der Spitzen halbirt, so sieht man zuerst zween Zirkel, deren innere Schenkel sich kreuzen, wie es nach den Gesetzen des Horopters natürlich erfolgen muß, s. **Horopter**. Drückt man aber nun die beyden Spitzen näher zusammen, so nähern sich die Bilder der beyden innern Schenkel, und fallen endlich in eins zusammen, das jetzt sehr lebhaft, dick und lang wird, und sich von der Hand bis an die entferntesten Gegenstände, ja selbst bis an den Horizont, zu erstrecken scheint. **Smith** setzt die Ursache dieser Erscheinung darin, weil die Spitzen des Zirkels in dieser Lage in den beyden Linien sind, die von beyden Augen nach dem entfernten Gegenstande gezogen werden können, und sich also in dem Gegenstande selbst zu vereinigen scheinen. **D. Jurin** sahe auf eine ähnliche Art den Schatten eines von der Lichtflamme erleuchteten Buchs an der Decke des Zimmers sich nach jedem Gegenstande, worauf er seine Augen richtete, erstrecken. **Aepinus** (Nov. Comm. Petropol. Vol. VII. p. 303.) fand ein Loch von $\frac{1}{10}$ Lin. Durchmesser in einer metallenen Platte, wodurch er mit dem linken Auge sahe, gröſſer, und das Gesichtsfeld weiter, wenn er das rechte Auge schloß, und noch mehr, wenn er es mit der Hand verdeckte. Er glaubt daher, die Oefnung des Augensterns werde weiter, wenn man das andere Auge schliesse, welches durch Bedeckung mit der Hand vollkommner geschehe, als durch bloßes Zuthun der Augenlieder.

Ob der Siz der Empfindung des Sehens auf der Netzhaut oder der Aderhaut sey, ist lange Zeit streitig gewesen. Nach **Keplern**, der die Wirkung des Lichts aufs Auge zu-

Digitized by Google

erſt richtig erklärte, nahm man allgemein die Netzhaut für den Sitz des Sehens an. Aber Mariotte (Oeuvres de *Mariotte*, p. 496.) unterſuchte die Stelle, wo der Sehnerve ins Auge eintritt, und welche nicht der Pupille gerade gegenüber, ſondern etwas höher und ſeitwärts nach der Naſe zu liegt, genauer, und fand an derſelben die Netzhaut unempfindlich.

Der Verſuch, der dieſes lehrt, und der 1668 vor dem Könige von England angeſtellt ward, iſt folgender. An einer dunkeln Wand wird in der Höhe des Auges ein rundes Papier befeſtiget. Rechter Hand deſſelben, etwa 2 Fuß weit, aber ein wenig niedriger, befeſtigt man ein anderes Papier, ſtellt ſich dem erſtern gerade gegen über, ſieht daſſelbe mit dem rechten Auge, indem man das linke ſchließt, unverwandt an, und geht nach und zurück, ſo wird, wenn man etwa 10 Fuß weit gegangen iſt, das zweyte Papier plötzlich und völlig verſchwinden. Picard und le Cat haben dieſen Verſuch noch auf mehrere Arten ſinnreich abgeändert. Die jetzt gewöhnliche Art, ihn anzuſtellen, iſt dieſe. Man befeſtiget an der Wand drey Stücken Papier A, B, C, Taf. XXII. Fig. 3. etwa zween Fuß von einander, ſtellt ſich gerade vor das mittlere, und geht allmählig zurück, das eine Auge geſchloſſen und das andere ſeitwärts nach dem Papiere A oder C gerichtet, ſo dem geſchloßnen Auge gegen über iſt. Alsdann wird man eine Stelle treffen (gemeiniglich fünfmal ſo weit von der Wand, als die Papiere von einander ſind), wo B ganz verſchwindet, indem A und C beyde ſichtbar bleiben. Dies iſt die Stelle, wo die aus B kommenden Stralen ſich in b an dem Orte vereinigen, an welchem der Geſichtsnerve D b ins Auge eintritt.

Es iſt durch unzählbare Wiederholungen dieſes Verſuchs völlig entſchieden, daß dieſe Stelle der Netzhaut in der That unempfindlich ſey. Le Cat (Traité des ſens p. 171.) und Daniel Bernoulli (Comment. Acad. Petrop. To. I. p. 314.) haben ſich bemüht, die Stelle, Geſtalt und Gröſſe dieſes unempfindlichen Flecks genau zu beſtimmen. Der letztere fand, es ſey derſelbe ein Kreis, deſſen Durchmeſſer den ſiebenten Theil vom Durchmeſſer des ganzen Au-

Digitized by Google

ges ausmacht, und deſſen Mittelpunkt von dem der Pupille entgegengeſetzten Punkte um $\frac{7}{17}$ dieſes Durchmeſſers entfernt iſt, und ein wenig über die Mitte des Auges erhoben liegt. Der Sehnerve, ſagt er, durfte nicht der Pupille gegen über eintreten, weil uns ſonſt alle Gegenſtände in der Mitte durchlöchert erſcheinen würden. So aber, wie er jetzt eintritt, verlieren wir nur einige auf der äuſſern Seite unter einem gewiſſen Winkel liegende Gegenſtände aus dem Geſichte, oder vielmehr nur aus einem Auge, nie aus beyden zugleich. Und ſelbſt, wenn wir ein Auge ſchlieſſen, bemerken wir dieſen Mangel nicht, wenn er nicht einen ſehr hervorſtechenden und ausgezeichneten Gegenſtand betrift, weil ſich die Aufmerkſamkeit der Seele doch vorzüglich auf das lenkt, was in der Mitte erſcheint, und die an der Seite entſtehende Lücke von der Einbildungskraft ausgefüllt wird.

Mariotte ſprach nun dieſer Entdeckung wegen der ganzen Netzhaut die Empfindlichkeit gegen das Licht ab, zumal da er dieſe Haut auch durchſichtig fand. Die Aderhaut, welche an der unempfindlichen Stelle ganz fehlt, ſchien ihm geſchickter zum Sitze des Sehens, theils wegen ihrer ſchwarzen Farbe, theils weil die Iris, als eine Fortſetzung von ihr, bey der Erweiterung und Verengerung des Augenſterns ſo viel Empfindlichkeit gegen das Licht äuſſert, ſ. Auge. Dieſe Meinung iſt nachher von **Mery** (Mem. de Paris 1704.), **Le Cat** (Traité des ſens, p. 176. ſqq.), **Michell** (beym **Prieſtley** Geſchichte der Optik. S. 149. u. f.) und andern, mit noch mehrern Gründen vertheidigt worden. **Le Cat** glaubte die Entdeckung gemacht zu haben, daß die dünne Hirnhaut (pia mater) überhaupt das Werkzeug aller Empfindungen ſey, und daß ſich dieſelbe beym Eintritte des Sehnerven in zwo Lamellen theile, deren eine die Aderhaut bilde. Hiezu war ihm alſo Mariottens Behauptung ſehr willkommen. Dagegen erklärten ſich **Pecquet**, **de la Hire**, **Perrault** u. a. für die Netzhaut, wie es überhaupt der Analogie der andern Sinne angemeſſener iſt, den Sitz der Empfindungen in die Nerven zu ſetzen. Die Gründe beyder Theile und die Geſchichte des Streits erzählt **Prieſtley** (S. 146. u. f.) ſehr um-

Digitized by Google

ſtändlich. Von Haller (Phyſiolog. Vol. V. p. 474.) bemerkt, daß eigentlich Mariottens ganzer Verſuch nichts beweiſe. Denn an der unempfindlichen Stelle ſey gar keine Netzhaut vorhanden, ſondern eine weiſſe cellulöſe Haut, die zum Sehen untauglich ſeyn könne, ohne daß es darum die Netzhaut auch ſeyn müſte. Die Aderhaut ſey zum Sehen ungeſchickt, weil ſie von dem ſchwarzen Schleime bedeckt werde, und wenn ja die Lichtſtralen dieſen durchdrängen, ſo würden ſie auf die braune, zottigte ruyſchiſche Lamelle ſtoßen und darunter eine unzählbare Menge Gefäße, aber wenig oder gar keine Nerven finden, alſo kein vollſtändiges zuſammenhängendes Bild entwerfen können. Zinn (Deſcript. anatom. oculi hum. p. 37. 38.) bemerkt auch, daß die Aderhaut keine Fortſetzung der dünnen Haut des Sehnervens ſey, oder mit der dünnen Hirnhaut unmittelbar zuſammenhänge; vielmehr finde man beyde durch ein zelliges Gewebe von einander abgeſondert. Es ſcheint alſo ziemlich ausgemacht, daß man keinen Grund habe, den Siz des Sehens anderswo, als auf der Netzhaut, anzunehmen.

Die Lehre vom deutlichen und undeutlichen Sehen hat D. Jurin in einer dem Smithſchen Lehrbegriffe der Optik (der deutſchen Ueberſ. S. 483. u. f.) beygefügten Abhandlung am beſten unterſucht, womit noch Lambert (Photometrie, S. 490. u. f.) zu verbinden iſt. Man ſagt, eine Sache werde deutlich geſehen, wenn ihre äuſſern Grenzen wohl beſtimmt erſcheinen, und ihre Theile ſich gut unterſcheiden laſſen. Hiezu wird erfordert, daß das Bild im Auge deutlich ſey, oder daß alle Stralen, die von einem Punkte der Sache ausgehen, ſich wieder in einem Punkte der Netzhaut, oder wenigſtens auf einer einzigen empfindlichen Stelle, einer einzigen Nervenſpize, vereinigen. Es iſt aber eine ſo genaue Vereinigung, beſonders bey größern Gegenſtänden, nicht einmal nöthig. Man kan daher vollkommnes Sehen von blos deutlichem unterſcheiden. Das vollkommne hängt bey einer gegebnen Einrichtung des Auges blos von der Entfernung des Gegenſtandes, das blos deutliche zugleich von ſeiner Gröſſe ab. Wenn die Stralenkegel nicht genau auf der Netzhaut vereiniget wer-

Digitized by Google

den, ſo breitet ſich das Bild jedes Punkts in einen kleinen Kreis, den **Zerſtreuungskreis**, aus, und das Eingreifen dieſer Kreiſe in einander iſt die Urſache der Undeutlichkeit. Die Gröſſe dieſer Kreiſe hängt von der Entfernung ab; ſie ſtört aber die Deutlichkeit deſto mehr, je kleiner die Gegenſtände, oder ihre Zwiſchenräume, ſind. Aus den Zerſtreuungskreiſen am Umfange entſteht ein Lichtrand um das Bild jeder hellen Sache, welcher ihre ſcheinbare Gröſſe um etwas vermehrt.

Für jedes Auge giebt es eine gewiſſe Weite, auf welche es ohne alle Anſtrengung deutlich ſieht, die **natürliche Weite des vollkommnen Sehens** (diſtantia viſionis diſtinctæ.). Weil aber das Auge ein Vermögen hat, ſeine Einrichtung etwas zu ändern, ſo ſieht es auch noch auf andere Weiten vollkommen, und es entſtehen daraus **Grenzen des vollkommnen Sehens.** Da man, zumal bey groſſen Gegenſtänden, noch einige Undeutlichkeit vertragen kan, ſo laſſen ſich dieſe Grenzen noch etwas weiter auseinander rücken, und ſo erhält man **Grenzen des blos deutlichen oder guten Sehens.** Man ſieht leicht, daß hierinn viel Unbeſtimmtes liegt, zumal, wenn bey den Verſuchen auf die angeführten Unterſchiede nicht gehörige Rückſicht genommen wird. Daher ſind auch die Angaben hierüber ungemein verſchieden. Die kleinſte Weite des vollkommnen Sehens ſetzt D. **Jurin** aus vielen Beobachtungen insgemein auf 5, 6 oder 7 Zoll. Die gröſte Weite des deutlichen Sehens zu beſtimmen, ward ihm ſchwerer. Er ſetzt ſie endlich durch eine Berechnung (welche auf die Entfernung zweener Sterne von bekannter Lage, die man noch unterſcheiden kan, und auf die Gröſſe der Brechungen im Auge gegründet iſt) 14 Fuß 5 Zoll, wiewohl **Porterfield** nach einer andern Methode für ſein eignes Auge nur 27 Zoll annimmt.

Dem undeutlichen Sehen hilft das Auge auf eine doppelte Art ab, indem es ſich entweder ſo einrichtet, wie es zum Deutlichſehen in einer andern Entfernung erforderlich iſt, oder indem es die Oeſnung des Augenſterns verengert. Das letzte Hülfsmittel wird beſonders bey ſtarkem Lichte

Digitized by Google

gebraucht, und ist oft schon allein hinlänglich, weil sich dabey auch die Zerstreuungskreise zusammenziehen. Bey schwachem Lichte hingegen erweitert sich die Oefnung auch in dem Falle, wenn nähere oder kleinere Sachen betrachtet werden.

Bisweilen liegt auch die Ursache des undeutlichen Sehens in der Unstandhaftigkeit des Auges. So erkennt man schwerlich einen schmalen weissen Strich zwischen zween schwarzen auf einem weissen Grunde, weil bey den unvermeidlichen geringen Bewegungen des Auges die Bilder der schwarzen Striche immer auf die Stelle rücken, die eigentlich dem weissen zugehört. Weil nun die Eindrücke auf die Netzhaut eine kleine Zeit fortdauren, so wird darüber der weisse Strich gar nicht deutlich erkannt, z. B. zwo nahe an einander gezogene schwarze Parallellinien erscheinen in einiger Entfernung nur, wie eine einzige. Der Zwischenraum zwischen zwo Stecknadeln, der eben so groß, als ihre Breite war, gegen das Taglicht betrachtet, ließ sich nicht mehr erkennen, wenn er unter einem kleinern Winkel, als 40 Secunden, ins Auge fiel.

Wenn man ein Parallellineal, nicht weit geöfnet, gerade vor das Auge hält, und gegen das Taglicht siehet, so wird der helle Zwischenraum in der kleinsten Weite des deutlichen Sehens als ein einziger Strich erscheinen. Bringt man aber das Auge näher, so erscheint er anfänglich doppelt, dann dreyfach u. s. w. bis endlich bey großer Nähe die Menge der Striche unzählbar wird. Eben das zeigt sich auch, wenn das Lineal in allzugroßer Entfernung von Kurzsichtigen, oder von Weitsichtigen durch ein erhabnes Glas betrachtet wird. Ein Nadelloch in einem Papiere, gegen das Licht gesehen, erscheint, sobald es seine Deutlichkeit verliert, gleichsam mit Stralen umgeben. D. Jurin will dies aus den newtonischen Anwandlungen des leichtern Durch- und Zurückgehens erklären; aber Robins glaubt, es rühre von der Anstrengung her, die sich das Auge geben muß, um ausser den Grenzen des deutlichen Sehens etwas zu unterscheiden, wodurch die Oberfläche ungleich gespannt und runzlicht werde.

Digitized by Google

Smith's vollständiger Lehrbegrif der Optik, durch Käſtner, an mehrern Stellen.

Prieſtley Geſchichte der Optik, durch Klügel. S. 69. 143 u. f. 475 u. f. 514.

Käſtner Anfangsgr. der angewandten Math. Optik. §. 63. u. f.

Sehewinkel, Geſichtswinkel, optiſcher Winkel, Angulus opticus, Angulus viſionis ſ. viſorius, *Angle optique, Angle viſuel.* Wenn Taf. XXII. Fig. 4. in O ein Auge ſteht, und von den beyden Endpunkten M, N einer Linie MN nach O gerade Linien gezogen werden, ſo heißt der Winkel MON der Sehewinkel, und man ſagt, die Linie MN erſcheine dem Auge O unter dieſem Winkel. Man ſtellt ſich hiebey das ganze Auge als einen Punkt vor, oder vielmehr: Man ſetzt O, den Scheitel des Sehewinkels, in den Mittelpunkt der Oefnung des Augenſterns, oder auch in den Mittelpunkt der Kryſtallinſe.

Die Linien MO und NO ſind die Wege der Lichtſtralen, welche von den äuſſerſten Enden der Linie oder des Gegenſtandes MN auf die Mitte der Linſe kommen. Weil man von dieſen Stralen annehmen kan, daß ſie ungebrochen durch die Kryſtallinſe gehen (wie Aa, Bb, Cc, Taf. III. Fig. 29.), ſo treffen ihre Verlängerungen Om und On auf die Grenzen des Bildes mn, welches auf der Netzhaut entworfen wird. Wenn nun der Gegenſtand MN deutlich geſehen wird, ſo kommen alle Lichtſtralen aus M in m, und alle aus N in n, zuſammen, und die damit verknüpfte Empfindung ſtellt den Gegenſtand ſo dar, daß ſeine ſcheinbaren Grenzen genau zwiſchen die Schenkel des Sehewinkels fallen.

Weil nun der Abſtand der Grenzen die Größe des Gegenſtands beſtimmt, ſo iſt der Sehewinkel zugleich das Maaß der **ſcheinbaren Größe** von MN, in ſo fern dieſelbe blos von der reinen optiſchen Darſtellung abhängt und von allen Urtheilen der Seele abgeſondert betrachtet wird, ſ. Größe, ſcheinbare (Th. II. S. 537. u. f.). In dieſem Sinne müſſen alſo die ſcheinbaren Größen der Linien, oder die ſcheinbaren Durchmeſſer der Gegenſtände, durch den Sehewinkel ausgedrückt, und wie Winkel in der Geometrie gemeſſen werden.

Digitized by Google

Wenn die Augenaxe m O M auf das eine Ende des Gegenstandes M gerichtet, und auf seinen wahren Durchmesser MN (den ich hier die wahre Größe nennen will) senkrecht ist, so hat man für sin tot = 1

$$\text{tang } O = \frac{MN}{MO}$$

oder die Tangente des Sehewinkels ist dem Quotienten der wahren Größe durch die Entfernung gleich. Hieraus lassen sich sehr leicht folgende Sätze ableiten.

1. Für zween verschiedene Gegenstände stehen die Tangenten der Sehewinkel im directen Verhältnisse der wahren Größen, und im umgekehrten der Entfernungen vom Auge.

2. Sind die wahren Größen gleich (oder ist der Gegenstand ebenderselbe), so verhalten sich die Tangenten der Sehewinkel umgekehrt, wie die Entfernungen.

3. Sind die Entfernungen gleich, so verhalten sich die Tangenten der Sehewinkel, wie die wahren Größen.

4. Sollen die Sehewinkel gleich seyn, so müssen sich die wahren Größen, wie die Entfernungen verhalten.

5. Weil sich kleine Winkel ziemlich genau, wie ihre Tangenten, verhalten, so kan man in den Sätzen 1. 2. 3. bey kleinen Sehewinkeln ohne merklichen Fehler die Winkel selbst statt der Tangenten nehmen.

6. Die obige Formel giebt auch

$$MN = MO \times \text{tang } O$$

$$\text{und } MO = MN \times \text{cotang } O.$$

daß man also von den drey Stücken: Sehewinkel, wahre Größe und Entfernung vom Auge, jedes durch eine leichte Rechnung finden kan, wenn die beyden andern gegeben sind.

Ex. 1. Der Sehewinkel, unter welchem der Halbmesser der Sonne erscheint, (der scheinbare Halbmesser der Sonne) sey = 16′. Die Tangente hievon ist nach den Tafeln = 0,0046542. Der Sonne Entfernung vom Auge sey = 24200 Erdhalbmesser. So ist die wahre Größe des Sonnenhalbmessers = 24200. 0,0046542 = 112, 7 Erdhalbmesser.

Digitized by Google

Ex. 2. Ein Stab von 6 Fuß Länge soll so weit vom Auge gestellt werden, daß seine scheinbare Grösse nur 3′ beträgt. Man nehme das M der Figur für die Mitte des Stabs, so ist MN = 3 Fuß, O = 16′. Die Cotangente von 16′ findet sich aus den Tafeln = 214,8576.... und giebt in MN = 3 Fuß multiplicirt, die gesuchte Entfernung MO = 644,5728 Fuß.

Ex. 3. Eine Linie von der Länge l erscheint dem senkrecht darauf gerichteten Auge unter einem Sehewinkel von 40″. Man sucht ihre Entfernung vom Auge. Die Cotangente von 40″ ist nach den grössern Tafeln = 5156,6193265.... Also die gesuchte Entfernung fast = 5156,62.. l.

Wenn das Auge schief gegen MN sieht, so muß noch überdies der Winkel M gegeben seyn. Alsdann kan man, wenn von den drey Stücken, O, MN und MO, zwey gegeben sind, das dritte durch die trigonometrische Auflösung des Dreyecks OMN finden. Gewöhnlich werden in der Physik die Fälle so angenommen und betrachtet, daß der Lichtstral nach des Gegenstandes Mitte OM auf MN senkrecht steht, wofür die obigen Sätze und Formeln gelten.

Die Größe des Bildes auf der Netzhaut mn ist = tang O × Om, wo Om oder der Abstand der Krystallinse von der Netzhaut auf die Einrichtung des Auges ankömmt. Bey ebenderselben Einrichtung des Auges verhalten sich die Größen der Bilder, wie die Tangenten der Sehewinkel, oder bey kleinen Winkeln, wie die Sehewinkel selbst. Daher ist die scheinbare Größe der Größe des Bildes im Auge proportional, und kleinere Bilder sind mit Empfindung von geringerer Größe vergesellschaftet, obgleich die Größe nicht durch Anschauung der Bilder erkannt wird, s. Sehen.

Je weiter wir uns von einem Gegenstande entfernen, desto kleiner wird der Sehewinkel, unter welchem er erscheint. Er wird endlich so klein, daß man ihn gar nicht mehr empfindet, und der Gegenstand dem Auge unsichtbar wird.

Ueber den kleinsten dem menschlichen Auge noch empfindlichen Gesichtswinkel hat man mancherley Versuche

Digitized by Google

angeſtellt. D. Hook (Animadverſ. in partem primam mach. cœleſtis Hevelii) beſtritt Hevels Methode, die Winkel am Himmel ohne Fernröhre zu meſſen, und behauptete aus Verſuchen, ſelbſt das ſchärfſte Auge könne Winkel unter $\frac{1}{2}$ Min. nicht mehr unterſcheiden, und gewöhnliche Augen empfänden ſchon Winkel unter 1 Min. nicht mehr. Zween Sterne, die um $\frac{1}{2}$ – 1 Min. von einander abſtünden, erſchienen den bloßen Augen, wie einer. D. Smith (Lehrbegrif der Opt. der Ueberſ. S. 29.) beſtätigt dieſes in dem Falle, da der Gegenſtand ein runder ſchwarzer Fleck auf weiſſem Grunde, oder ein weiſſer Fleck auf ſchwarzem Grunde iſt; weil ein ſehr gutes Auge dieſe nicht mehr ſehe, wann der Geſichtswinkel unter 40″, oder die Entfernung vom Auge (nach Ex. 3.) 5156 mal größer, als der Durchmeſſer des Fleckens ſey. Auch der Marquis de Courtivron (Mém. de Paris. 1752. p. 200.) folgert aus ſeinen Verſuchen, der kleinſte empfindbare Geſichtswinkel ſey = 40″. Smith berechnet für dieſe Größe mn = $\frac{1}{3000}$ Zoll, und nennt daher ein ſolches Theilchen von $\frac{1}{3000}$ Zoll Durchmeſſer einen empfindlichen Punkt der Netzhaut. Nach der Vorſtellungsart, die ich beym Worte Sehen erklärt habe, würde dies die Größe einer einzelnen Nervenſpitze ſeyn.

D. Jurin (Abhandl. vom deutlichen Sehen beym Smith, der Ueberſ. S. 592. u. f.) bemerkt, daß hiebey das meiſte auf die Stärke des Lichts ankomme. Fixſterne, deren wahrer Sehewinkel noch nicht 1 Sec. ausmacht, werden dennoch geſehen, weil ſich ihr Bild ausbreitet. Striche werden auf gröſſere Weiten geſehen, als Punkte oder Tüpfelchen von gleicher Breite, und längere Striche ſieht man auf gröſſere Weiten, als kürzere, weil die Eindrücke von ihnen mehr Nerven der Länge nach rühren. Jurin fand, daß er einen Silberdrath von $\frac{1}{381}$ Zoll Dicke auf weiſſem Papiere unter einem Geſichtswinkel von $3\frac{1}{2}$ Sec. und einen ſeidnen Faden unter einem von $2\frac{1}{2}$ Secunden noch ſehen konnte.

Einzelne Gegenſtände bleiben auf eine etwas gröſſere Weite empfindbar, als gleich große zwiſchen ihnen befindli-

Digitized by Google

che Zwischenräume. Innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens ist der kleinste Sehewinkel für einen Zwischenraum etwa um ein Viertel größer, als der für ein einzelnes Object, z. B. 75 Sec., wenn der letztere 1 Min. ist. Ausserhalb dieser Grenzen aber wird der Unterschied weit beträchtlicher, weil die Zerstreuungskreise die Bilder der Gegenstände vergrößern, die der Zwischenräume hingegen verkleinern.

Tobias Mayer (Exp. circa visus aciem in Comment. Gotting. To. IV. p. 97) schließt aus Versuchen mit einem schwarzen Flecken auf sehr weissem Papiere, der kleinste Sehewinkel sey im Durchschnitte = 34 Secunden. Schwarze Striche mit Zwischenräumen von größerer Breite, als sie selbst hatten, waren auf größere Weiten kenntlich, als wenn die Zwischenräume nur eben so breit, als die Striche selbst, waren. Bey schwachen Erleuchtungen schien sich der kleinste Sehewinkel, wie die Cubikwurzel aus der Entfernung des Lichts von der Sache, zu verhalten.

Demnach verschwinden uns die kleinen Theile der Gegenstände, z. B. die Blätter der Bäume ꝛc., wenn sie so weit entfernt sind, daß sie unter einem kleinern Winkel, als 30 - 40 Sec. ins Auge fallen. Man sieht alsdann nur den Umriß des Gegenstandes selbst, ohne seine Theile zu unterscheiden. So erscheinen entfernte Thürme rund, weil man ihre Kanten und Ecken nicht gewahr wird. Wälder, Kornfelder u. dergl. zeigen sich in der Ferne wie zusammenhängende Massen, weil man die Zwischenräume der einzelnen Bäume und Aehren nicht mehr unterscheidet.

Parallele Reihen von Bäumen scheinen zusammenzulaufen, weil ihre Breite in der Ferne unter immer kleinern Sehewinkeln ins Auge fällt. Wenn eine Allee über 5000 mal länger als breit ist, so muß sie sich einem Zuschauer, der im Eingange steht, am Ende ganz zuzuschließen scheinen, indem dem Abstande der letzten Bäume nur 40″ Sehewinkel zukömmt.

Wir sehen eigentlich nur das deutlich, was in der Axe des Auges, oder doch nahe an derselben liegt. Indeß lehrt doch die Erfahrung, daß wir alle die Gegenstände

ziemlich deutlich mitsehen, die nicht über 45° von der Augenaxe ringsum abliegen. Daher wird der **gröste Sehewinkel**, den das Auge auf einmal mit Deutlichkeit fassen kan, insgemein = 90° und so angenommen, daß auf jeder Seite der Augenaxe eine Helfte davon liegt, s. **Gesichtsfeld.**

Die Sehne eines Kreises erscheint jedem Auge, das im Umfange des Kreises steht, unter einem gleich großen Sehewinkel, weil alle Winkel an der Peripherie, die diese Sehne überspannen, einander gleich sind. Man nimmt dies für die Ursache der Gestalt an, welche die Alten ihren Amphitheatern gaben.

Dennoch richtet sich unser Urtheil von der Größe der Dinge nicht nach dem Sehewinkel allein. Versteht man also unter scheinbarer Grösse den Begrif, der sich auf unser Urtheil gründet, so ist dieselbe nicht mehr mit dem Sehewinkel einerley. In diesem Sinne ist scheinbare Größe etwas sehr unbestimmtes, das von willkührlicher Schätzung abhängt, da hingegen der Sehewinkel in jedem Falle bestimmt ist, s. **Größe, scheinbare.**

Smith's vollst. Lehrbegrif der Optik, durch Käſtner, S. 29. § 97. S. 502. §. 63 u. f.

Prieſtley Geſchichte der Optik, durch Klügel, S. 484. und f.

Käſtner Anfangsgr. der angewandten Mathem. Gött. 1780. 8. Optik. §. 30 u. f.

Sehungsbogen, Arcus viſionis, *Arc de viſion.* Unter dem Sehungsbogen eines Sterns versteht man die geringste Tiefe der Sonne unter dem Horizonte, bey welcher der Stern sichtbar ist. So lange die Sonne über dem Horizonte ist, verdunkelt ihr ungemein starkes Licht den Glanz der übrigen Gestirne. Nur den Mond und die Venus kan man unter vortheilhaften Umständen (d. i. wenn sie stark erleuchtet werden, der Sonne nicht zu nahe sind, und diese nicht allzuhoch steht) bey Tage sehen. Die übrigen Gestirne werden erst nach Sonnenuntergang sichtbar, und zwar desto eher, je beträchtlicher ihre scheinbare Größe und je stärker ihr Licht ist.

Digitized by Google

Wenn man an einer richtigen Uhr beobachtet, wie lange die Sonne untergegangen seyn muß, ehe man einen Stern zuerst sehen kan, so läst sich aus dieser Zeit und dem Stande der Sonne die Tiefe der letztern unter dem Horizonte für diesen Augenblick finden, welche Tiefe der Sehungsbogen des Sterns ist. Aber wegen der verschiedenen Güte der Augen und der veränderlichen Beschaffenheit der Luft können die Resultate solcher Beobachtungen nicht immer gleich ausfallen, zumal bey den Planeten, wo es noch überdies auf ihre Entfernung von der Erde, und so viel die untern betrift, auf die Größe ihres erleuchteten Theils ankömmt. So setzt **Ptolemäus** den Sehungsbogen für Jupiter und Merkur 10 Grad, **Hevel**, der sehr scharfe Augen hatte, nur 3 Grad. **Repler** (Epitome astron. Copern. Lib. III. p. 370) giebt folgende Größen des Sehungsbogen an:

für Venus	5°
Jupiter	10°
Merkur	10°
Saturn	11°
Mars	11° 30′
Fixsterne 1ster Grösse	12°
— 2ter —	13°
— 3ter —	14°
— 4ter —	15°
— 5ter —	16°
— 6ter —	17°
die kleinsten Sterne	18°

Der Sehungsbogen der kleinsten Sterne bestimmt die Grenze der Dämmerung, s. **Dämmerung**. Wenn die Sonne auf dieser Grenze steht, ist es völlig dunkel, und die Zeit zwischen diesem Augenblicke und dem Auf- oder Untergange der Sonne ist also die Dauer der Dämmerung. Wie man hieraus die Höhe der Atmosphäre zu bestimmen gesucht habe, s. bey dem Worte **Luftkreis**. Der Sehungsbogen der Sterne dient auch, die Zeit ihres Verschwindens und Hervortretens aus den Sonnenstralen (occasum et ortum heliacum) zu finden, s. **Aufgang**.

Digitized by Google

Wolf Elementa Astronom. §. 276 - 278.
Käſtner Anfangsgr. der Aſtron. §. 129 u. f.

Seife, Sapo, *Savon*. Dieſen Namen gab man ehedem blos den Verbindungen der Laugenſalze mit den Oelen, welche ſich ſämmtlich in Waſſer und Weingeiſt auflöſen; ſeitdem man aber gefunden hat, daß auch Säuren und andere ſalzartige Stoffe ſich mit den Oelen vereinigen und ſie im Waſſer und Weingeiſt auflöslich machen, iſt dieſe Benennung von vielen Chymiſten auf alle ölichtſalzige Zuſammenſetzungen ausgedehnt worden. Dieſe Seifen ſind von einer ſchlüpfrigen Conſiſtenz, geben mit dem Waſſer milchweiſſe, mit dem Weingeiſte helle Auflöſungen, welche beym Umſchütteln ſchäumen, und machen andere fette Subſtanzen ebenfalls mit dem Waſſer miſchbar.

Die gemeinen oder alkaliſchen Seifen werden bereitet, indem man eine äzende Lauge des feuerbeſtändigen Laugenſalzes mit einem fetten Oele unter beſtändigem Umrühren bis zur völligen Vereinigung kocht. Insgemein wird ein mineraliſches oder vegetabiliſches Laugenſalz mit ungelöſchtem Kalk äzend gemacht, und die wäſſerigte Auflöſung ſo weit eingedickt, bis ſie ein friſchgelegtes Ey tragen kan. In dieſem Zuſtande heißt ſie **Meiſterlauge** (Lixivium magiſtrale), **Seifenſiederlauge**. Man verdünnt einen Theil dieſer Lauge mit Waſſer, gießt zwey Theile Oel oder Fett hinzu, und läſt die Miſchung in einem kupfernen Keſſel kochen. Wenn ſie dick zu werden anfängt, ſezt man von dem andern Theile der Lauge nach und nach mehr zu, bis ein Tropfen der Maſſe auf einen kalten Stein getröpfelt, zu einer feſten gleichförmigen Subſtanz gerinnt, worauf die fertige Seife nach einigem Abkühlen in hölzerne am Boden durchlöcherte und inwendig mit leinenen Tüchern belegte Formen geſchöpft wird, worinn man ſie feſt werden läſt, und dann in Stücken zerſchnitten vollends trocknet. Mit den Oelen, welche in der Kälte leicht feſt werden, giebt das mineraliſche Laugenſalz harte Seifen; das Gewächslaugenſalz aber weichere, wenn man nicht beym Ende des Kochens etwas Küchenſalz zuſezt, das die überflüſſige Feuch-

Digitized by Google

tigkeit in ſich nimmt. Oele, die in der Kälte ſchwer gerinnen, geben nur ſchmierige und weiche Seifen.

Der Unterſchied der Seifen beruht auf der Verſchiedenheit der dazu gebrauchten Oele und Laugenſalze. Statt der erſten nimmt man auch die thieriſchen Fette. So wird die gewöhnliche Seife aus Unſchlitt und Gewächslaugenſalz bereitet. Die venediſche Seife beſteht aus Baumöl und Gewächsalkali; die weiſſe alikantiſche oder ſpaniſche aus Baumöl und Mineralalkali; die Mandelſeife aus Mandelöl und Gewächsalkali; die ſchwarze Thranſeife aus Thran, und die grüne Seife aus Lein- oder Rüböl, beydes mit Gewächsalkali u. ſ. w. Auch das Wachs giebt mit ätzenden Laugen eine Wachsſeife, wozu das **puniſche Wachs** zur Enkauſtik gehört, welches nach **Sage** (Analyſe chymique Vol. II. im Regiſter S. XII.) aus reinem weiſſen Wachs mit dem zwanzigſten Theile Mineralalkali zuſammen geſchmolzen, beſtehen ſoll. Die weſentlichen Oele verbinden ſich ſchwerer mit den Laugenſalzen; daher die Bereitung der Seifen aus ihnen, z. B. der **Starkeyiſchen** aus Terpentinöl und Gewächsalkali ſehr mühſam iſt. Auch das flüchtige Laugenſalz bildet Seifen, die aber nicht feſt werden und keine dauerhafte Verbindung eingehen.

Die **ſauren Seifen** entſtehen aus Verbindungen der Säuren mit den Oelen, wodurch die letztern verdickt und im Weingeiſt auflöslich gemacht werden. Herr **Achard** (in Rozier Journal de phyſique Dec. 1780. Janv. et Fevr. 1781.) hat über die Verbindungen der Vitriolſäure mit verſchiedenen Oelen ſchätzbare Verſuche angeſtellt.

Einige nennen auch die thieriſchen und vegetabiliſchen Säfte, welche durch Zerlegung Salz und Oel liefern, z. B. Zucker, Schleim, Speichel, Gallerte u. ſ. w. **natürliche Seifen.** Da aber bey vielen das Oel erſt während der Zerlegung entſteht, ſo iſt es beſſer nur diejenigen Subſtanzen **ſeifenartig** zu nennen, worinn ein wirkliches ſchon vorhandnes Oel durch Salz ſowohl im Waſſer, als im Weingeiſte auflöslich gemacht wird.

Die Auflöſungen der Seifen im Weingeiſt führen den Namen der **Seifenſpiritus.**

Digitized by Google

Macquer chymisches Wörterb. durch Leonhardi, Art. Seife.

Gren systemat. Handbuch der Chemie, 1. Th. §. 435 u. f.

Seihen, s. Filtriren.

Selbstentzündungen, Inflammationes spontaneæ, *Inflammations spontanées*. Es giebt in allen drey Naturreichen eine Menge entzündlicher Körper und Gemische, deren Brennbares unter gewissen Umständen so frey wird, oder mit ihren übrigen Bestandtheilen so schwach zusammenhängt, daß es sich von selbst zersetzt, und ohne alle Erhitzung oder Entzündung von aussen, eine innere Hitze und schwache Verbrennung bewirkt, welche bey mehrerm Zutritte respirabler Luft sehr oft in heftige Flammen ausbricht. Diesem Vorgange sind mineralische Stoffe vornehmlich bey ihrem Verwittern, vegetabilische und thierische bey gewissen Graden der Gährung ausgesetzt.

Hieher gehören die von den Chymikern bereiteten **Selbst- oder Luftzünder**, s. Pyrophorus, welche aus Alaun und brennbaren Materien, oder aus einer mit Phlogiston übersättigten Schwefelleber bestehen.

Die Kiese, welche Schwefel und Eisen mit erdigten Stoffen enthalten, **verwittern** oder zerfallen beym Zugange der Luft und Feuchtigkeit in ein salziges Pulver, und wenn sie in beträchtlicher Menge beysammen sind, und Luft und Feuchtigkeit zugleich wirken, so äussert sich dabey nicht nur eine starke Hitze und eine Phlogistication der Luft, sondern es bricht auch wohl die ganze Masse in Flammen aus. Hiedurch lassen sich viele im Mineralreiche vorkommende Selbstentzündungen in Steinkohlenschächten, Alaunschieferflötzen, Torfhaufen u. dergl. begreiflich machen, und man erklärt hieraus insgemein die Entstehung des unterirdischen Feuers, s. **Vulkane**.

Daß sich der rauchende Salpetergeist mit den Oelen vermischt, erhitze und von selbst entzünde, ist bey den Worten **Oele** und **Salpetersäure** bemerkt worden. Nach Versuchen von **Bryant Higgins** (Actual fire and detonation produced by the contact of Tinfoil with the Salt

composed of Copper and the nitrous acid, in Philos. Trans. Vol. LXIII. P. I. p. 137.) soll auch der Kupfersalpeter, der von der Auflösung des Kupfers in Salpetersäure zurückbleibt, wenn man ihn etwas feucht zerreibt, auf Zinnfolie eine Linie dick streuet, fest zusammenrollt und das Ganze platt drückt, sich nach einiger Zeit erhitzen und in Flammen ausbrechen.

Weit weniger sind bisher die Selbstentzündungen von Dingen aus dem Thier- und Pflanzenreiche bekannt gewesen, so wichtig auch ihre Untersuchung theils an sich, theils zu Abwendung mancher unbekannten Feuersgefahren seyn würde. Sehr viele vegetabilische Materien, als Heu, Getraide, Waid, Mehl, Malz, auch andere Samen von Pflanzen erhitzen sich, wenn sie anfangen in Gährung oder Fäulniß überzugehen, besonders wenn sie dabey eingeschlossen, zusammengedrückt und feucht sind. Nicht selten bricht alsdann aus ihnen beym ersten Zugange der Luft eine helle Flamme hervor. Auch thierische Substanzen, z. B. Düngerhaufen, feucht zusammen gepacktes Wollenzeug u. dergl. sind der Erhitzung und Selbstentzündung unterworfen (s. Diss. sur l'inflammation spontanée des matieres tirées du regne vegetal et animal par M. *Carette* im *Rozier* Nov. 1784. Août 1785.)

Herr **Rüde**, Apotheker in Budissin (Leipzig. Intelligenzblatt vom 31 März 1781), der aus Rockenkleyen und Alaun einen Pyrophorus bereitet hatte, entdeckte durch Versuche, daß braun geröstete Rockenkleyen in ein leinenes Tuch gewickelt nach einigen Minuten das Tuch verbrennen und durchaus glühend werden. Er muthmasset, daß eine im Kuhstalle eines Bauerguts ausgekommene Feuersbrunst durch Umschläge von gerösteten Kleyen entstanden sey, dergleichen die Landleute dem Viehe zu Vertreibung der dicken Hälse umlegen.

In der Manufacturstadt A..... entbrannte 1781 bey einem Strumpfverleger die sogenannte Kämmlingswolle, welche mit Rüböl und etwas Butter gekämmt, und in einem wenig luftigen Zimmer dicht über einander geschichtet und zusammengetreten war.

Digitized by Google

Hanf, Flachs und Hanföl haben oft Gelegenheit zu schrecklichen Bränden gegeben. Um 1764 entstand zu Petersburg öfters Feuer durch Hanf, der aus Unvorsichtigkeit mit Oel begossen und dadurch unbrauchbar geworden war. Im August 1780 kam ebendaselbst im Hanfmagazin ein heftiges Feuer aus, obgleich alles daselbst von Stein und Eisen ist, und das ganze Gebäude auf einer Insel der Newa liegt, auf der kein Feuer geduldet wird. Bey einem Brande auf einer Fregatte im Jahr 1781 fand man Bündel von einer Hangematte, in welcher Kienruß mit Oel zum Anstreichen gewesen war. Die Kaiserin erinnerte sich selbst, daß man den Brand des Hanfmagazins dem mit fetten Matten umwickelten Hanf zugeschrieben hatte, und befahl, die Sache genauer zu untersuchen. Hierauf zeigte die von der russischen Admiralität angestellte Probe, daß 40 Pfund Kienruß, auf welchem eine Stunde lang 35 Pfund Hanfölfirniß gestanden hatten, nach abgegossenem Oel in eine Hangematte gewickelt, schon nach 19 Stunden Rauch und Feuer zeigten, und bey Eröfnung der Thüre mit dem ersten Zutritte frischer Luft in Flammen ausbrachen. Die nachher angestellten Versuche des Herrn Adjunct **Georgi** (Neue nordische Beyträge B. III. S. 37 u. f. B. IV. S. 309 u. f.) sind sehr merkwürdig und zeigen, daß der russische gröbere, fettere und schwere Malerruß mit troknenden gepreßten Oelen etwa 5 Stunden lang eingetränkt, und dann in einfache Leinwand eingebunden, in etwa 16 Stunden die Selbstentzündung ganz sicher hervorbringt, zumal bey troknem Wetter; da hingegen bey nasser Witterung oft die schon warm gewordenen Bündel wieder kalt wurden.

Auch zeigten die Versuche, daß Hanf mit Hanföl und Talg begossen, darauf eine Stunde lang in den Backofen gelegt und alsdann fest in eine gewärmte Bastmatte geschnürt, in Zeit von einer Stunde warm ward, und in drey Stunden entbrannte. Eben dies that Schafwolle, auf gleiche Art mit Hanföl und Talg behandlet, und in grobe Leinwand gebunden. Sogar ein alter grauer Rock von Schafwolle, mit Hanföl und Talg begossen, im Backofen erhizt, und recht warm mit Bindfaden fest um-

Digitized by Google

wunden, fieng nach 3 Stunden an zu rauchen, und war nach 48 Stunden im Innern ganz verkohlt und ausgebrannt. Eben so gieng es mit Kuhhaaren, die mit Talg begossen, im Ofen erhitzt und in einen Sack von Baſtmatten gesteckt waren.

Bey der Bereitung der mit Kräutern abgekochten Oele iſt bemerkt worden, daß ſich dieſe Oele, wenn ſie zu ſtark gekocht, und die Kräuter zu trocken geworden ſind, bisweilen in dem leinenen Sacke des Filtrums von ſelbſt entzünden. Carette hat durch Verſuche dargethan, daß Kräuter, ſie mögen aromatiſch, oder geruch- und geſchmacklos ſeyn, ſich allemal in kurzer Zeit von ſelbſt entzünden, wenn ſie in Oel oder anderm Fett, und ſelbſt in Rindermark geſotten ſind, wenn nur alle Feuchtigkeit aus ihnen gedunſtet iſt, und man ſie nicht in Fett eingetaucht läßt.

Endlich beſtätigten auch die Verſuche des Herrn Georgi die Selbſtentzündung der geröſteten Rockenkleyen, des Rockenmehls, Weizenmehls, der Gerſtengrütze, Reißkörner, Erbſen, Bohnen, Kaffebohnen, Bohnenmehls, gemahlnen Kaffe's, geröſteter Cardobenedicten und anderer Kräuter, geröſteter Sägſpäne. Alle dieſe Subſtanzen, wenn ſie ſtark geröſtet und dadurch empyreumatiſch gemacht, hierauf noch heiß auf einfache Leinwand geſchüttet und in derſelben zuſammengebunden werden, erhitzen und entzünden ſich kurze Zeit nach dem Einbinden. Mit Mehl, Spänen oder kleinen Körnern geht der Verſuch beſſer, als mit gröſſern, von ſtatten. Das empyreumatiſche Oel, oder ſonſt die Vermiſchung mit Fett, die Zertheilung in kleine Theile und die Zuſammendückung ſcheinen hiebey weſentliche Umſtände zu ſeyn. Vor wenig Jahren entſtand in einer nahmhaften Stadt ein Brand durch die Selbſtentzündung der geröſteten und gemahlnen Cichorienwurzel, die der gemeine Mann ſtatt des Kaffe braucht.

Wir erhalten durch dieſe Entdeckungen ganz neue Warnungen gegen Unvorſichtigkeit beym Kaffebrennen, Malzdörren und andern Röſtungen, bey Bereitung der Salben, beym Kleiderwärmen, Uebereinanderlegen und Zuſammendrücken fetter Wolle, bey Bewahrung des Hanfs u. dergl.

Digitized by Google

und es ist zu wünschen, daß alle diese Gegenstände noch genauern Untersuchungen mögen unterworfen werden.

Gren systemat. Handbuch der gesammten Chemie, I. Th. §. 800. 801.

Beytrag zur Geschichte der Selbstentzündung von Herrn Buchholz in Weimar, in Crells chemischen Annalen, I. B. 1784. 5tes St. S. 411 u. f. 6tes St. S. 483 u. f.

Selenit, Selenites, *Selénit*. Den Namen des Selenits führen in der Chymie alle Mittelsalze, welche aus der Vereinigung der Vitriolsäure mit einer Kalkerde entspringen. Sie kommen mit dem natürlichen Gypse überein, s. Gyps, und haben den Namen nicht, wie Macquer glaubt, von dem Worte *Sel*, wegen ihrer Aehnlichkeit mit andern Salzen, sondern von dem Mariens- oder Frauenglase (Selenites *Plinii* et *Dioscoridis*), das die Alten wegen seines matten mondähnlichen Schimmers Selenit (von σελήνη, luna) nannten.

Der Selenit gehört zwar seinen Bestandtheilen nach unstreitig zu den Salzen; aber die Vereinigung seiner Säure mit der Erde ist so innig, daß seine Auflöslichkeit im Wasser fast ganz verlohren geht. Er erfordert bey der Siedhitze 470, und bey 50 Grad Wärme nach Fahrenheit mehr als 500 Theile Wasser zur Auflösung; und ist also den Kennzeichen nach, die beym Worte Salze angeführt werden, eher zu den Erden, als zu den wahren Salzen zu zählen, daher ihn auch Bergmann vitriolisirten Kalk (calx vitriolata) nennt.

Er bildet kleine nadelförmige Krystallen mit einer verschiedenen Menge Krystallisationswasser, von der auch der Grad der Durchsichtigkeit des natürlichen Gypses abhängt. Nach Bergmann enthält der krystallisirte Selenit 0,32 Kalkerde, 0,46 Vitriolsäure und 0,22 Krystallenwasser; Kirwan findet die Antheile von allen dreyen fast gleich. In der Hitze verliert der Selenit sein Krystallisationswasser, wird unter einer Art von Aufwallen undurchsichtig und zerreiblich. In diesem Zustande heißt er gebrannter Gyps, s. Gyps. Im heftigen Feuer oder vor dem Löthrohre

fließt er zu Glas: durch Glühen zwischen Kohlen erhält er die Eigenschaft zu leuchten. Hieher gehören zum Theil die Leuchtsteine oder Lichtsauger, s. Phosphorus (Th. III. S. 480.)

Die selenitischen Materien sind in und auf der Erde ungemein häufig anzutreffen. Ganze Hügel, Lager und Schichten bestehen aus Gypsstein, und es giebt nicht leicht irgend ein Brunnen- Quell- oder Flußwasser, bey dessen Zerlegung man nicht einen stärkern oder geringern Antheil von Selenit entdecken sollte.

Nichts zeigt die große Verschiedenheit der Vitriolsäure von den übrigen Mineralsäuren so deutlich, als die Vergleichung des Selenits mit dem Kalksalpeter und dem fixen Salmiak. Die Erde ist in allen diesen drey Salzen die nemliche; dennoch haben die beyden letztern, die aus der Salpeter- und Kochsalzsäure entstehen, einen fast ätzenden Salzgeschmack und einen hohen Grad der Zerfließbarkeit, da hingegen das erstere fast ohne allen Geschmack und beynahe unauflöslich ist. Der Grund hievon kan doch nur darinn liegen, daß sich die Vitriolsäure, als die einfachste unter allen, mit der Kalkerde am vollkommensten sättiget und am innigsten verbindet, s. Sättigung.

Macquer chymisches Wörterbuch Art. Selenit.

Gren systematisches Handbuch der Chemie, I. Theil §. 667. und f.

Seleniten, Mondsbewohner, s. Mond.

Sieden, Kochen, Fervere, Effervescere, Ebullire, *Bouillir.* Wenn tropfbare flüßige Materien in ofnen Gefäßen dem Feuer ausgesetzt werden, so nehmen sie immer mehr empfindliche Wärme an, bis sie endlich einen bestimmten Grad derselben erhalten haben. Bey diesem Grade gerathen sie in eine heftige Bewegung, wobey von dem Boden des Gefäßes oder von dem Theile, der dem Feuer am nächsten ist, durchsichtige, elastische Blasen in großer Menge aufsteigen, die an der Oberfläche zerplatzen und einen sichtbaren Dampf bilden. Diese Bewegung heißt das **Sieden** oder **Kochen** des flüßigen Körpers (Ebullitio,

Digitized by Google

Ebullition, *Bouillonnement*). Iſt der Körper einmal in dieſe Bewegung verſetzt, ſo läſt ſich alsdann ſeine fühlbare Hitze nicht weiter verſtärken. Selbſt das heftigſte Feuer kan ihn nicht heiſſer machen, ſondern unterhält nur ſein Sieden ſo lange, bis alle flüchtige Theile in Dämpfe verwandelt ſind.

Wenn man flüßige Materien, z. B. Waſſer, in Gefäßen nach und nach erwärmt, ſo zeigen ſich ſchon lange vor dem eigentlichen Sieden eine Menge **Luftblaſen**, die ſich an die innern Wände der Gefäße anlegen, zum Theil auch in die Höhe ſteigen und an der Oberfläche zerplatzen. Bey ſtärkerer Erhitzung werden dieſe Luftblaſen immer häufiger, und brechen endlich beym Sieden ſelbſt in der gröſten Menge aus, ſo daß das Kochen der beſte Weg iſt, Waſſer, Queckſilber und mehrere Flüßigkeiten von der Luft, die ſich in ihren Zwiſchenräumen aufhält (aër poroſitatis), zu reinigen. Dies iſt aus der ſtarken Ausdehnung der Luft durch die Hitze, welche ihre ſpecifiſche Schwere vermindert, ſehr leicht zu erklären. Einige, zumal ältere, Phyſiker haben das ganze Phänomen des Siedens blos dem Aufſteigen dieſer Luftblaſen zuſchreiben wollen; aber eine genauere Unterſuchung, lehrt gar bald, daß die beym Sieden aufwallenden Blaſen gröſtentheils nicht aus Luft, ſondern aus einem elaſtiſchen Dampfe beſtehen, welcher durch eine Verbindung des Feuers mit der flüßigen Materie ſelbſt erzeugt wird, und ſich in der Kälte wieder in das vorige tropfbare Fluidum verwandlet, ſ. **Dämpfe**, **Windkugel**. Das Sieden entſteht alſo durch eine wahre Verdampfung, wobey das Aufſteigen der Luftblaſen nur ein begleitender Nebenumſtand iſt (ſ. *Nollet* Recherches ſur les cauſes du bouillonnement des liquides in den Mém. de Paris 1748. p. 57. ſqq.)

Muſſchenbroek (Introd. ad philoſ. nat. §. 1455.) beſchreibt, was beym Sieden des Waſſers vorgeht, auf folgende Art. „Wenn das Waſſer warm zu werden anfängt, „ſteigen anfänglich blos Luftblaſen auf. Rückt man das „Gefäß näher ans Feuer, ſo ſteigt das letztere durch mehre„re Zwiſchenräume des Bodens in Geſtalt von dünnen Fä„den auf, welche des Waſſers Durchſichtigkeit in etwas

Digitized by Google

„ſtören, aber ſich doch durch die ganze Maſſe verbreiten. „Zuletzt tritt das Feuer in gröſſerer Menge unter der Ge„ſtalt von flockigten Fäden (ſub forma filorum, ſpeciem „lingularum exhibentium) ein, die aber ungleichförmig „aufſteigen und aus kleinen Bläschen beſtehen. Es durch„dringt das Waſſer, erhebt es und bildet dadurch auf der „Oberfläche hin und wieder Wellen oder kleine Säulen, bis „endlich die ganze Maſſe in Bewegung geſetzt wird, und „ihre Durchſichtigkeit großentheils verliert.“ Hier ſind die äuſſern Erſcheinungen des Siedens ſehr richtig beſchrieben, nur der Gedanke, daß das, was in Geſtalt von Fäden aufſteigt, Feuer ſey, iſt hypothetiſch. Muſſchenbroek erklärt ſich darüber noch umſtändlicher. „Die Blaſen,“ ſagt er, „die am Boden entſtehen, ſind durchſichtig, und beſtehen „aus Feuer und der Art von Dampf, in welche die Waſ„ſertheilchen durch Berührung des Feuers verwandlet wer„den. Das Waſſer kan nur eine gewiſſe Menge Feuer „auflöſen; daher verbreitet ſich das überflüſſige Feuer durch „die ganze Maſſe, ſtrebt durch alle Seiten, beſonders aber „durch die Oberfläche, auszugehen, und reißt aus dem Waſſer „eine Menge Theile in Geſtalt des Dampfs mit ſich fort. „Dieſer Dampf ſteigt in ſehr ungleichförmiger Menge und „Stärke auf, theils weil das Feuer ungleichförmig aus„geht, theils weil jedes Dampftheilchen von Elektricität „umhüllt ſeyn muß.“ Man ſieht in dieſer Stelle alle die mechaniſchen Urſachen vereiniget, denen man damals das Aufſteigen der Dünſte und Dämpfe zuſchrieb, Stoß des Feuers, Verwandlung in hole Bläschen, umdrehende Bewegung der Waſſertheilchen, Elektricität (ſ. Ausdünſtung Th. I. S. 209). Statt deſſen erklärt man jetzt die Verdampfung weit wahrſcheinlicher aus einer chymiſchen Verbindung der tropfbaren Flüßigkeiten mit dem Feuer.

Das Sieden iſt mit einem Geräuſch begleitet, deſſen Ton anfänglich höher und ſchwächer iſt, beym völligen Kochen aber tiefer und ſtärker wird, übrigens ſich nach der Größe, Geſtalt, Materie und Dicke des Gefäßes richtet. Ohne Zweifel entſteht dieſes Geräuſch vom Zerplatzen der Blaſen, die anfänglich kleiner ſind und ſich ſchneller folgen;

Digitized by Google

dagegen das völlige Sieden größere Blasen mit langsamerer Succession bildet, die einen stärkern, aber tiefern Ton geben.

Ausser dem Wasser sieden auch über dem Feuer der Wein, Weingeist, Essig, die Milch, tropfbare Säuren und Laugen, die Oele, selbst das Queckſilber; aber jede dieser Materien bey einem andern Grade der Wärme. Die zum Sieden in ofnen Gefäßen erforderlichen Grade der Hitze werden gewöhnlich auf folgende Art angegeben:

Alkohol	siedet bey	176	Grad nach Fahrenheit
Gemeiner Weingeist		180	—
Regenwasser	–	212	—
Kuhmilch	– –	213	—
Meerwasser	–	218	—
Potaschenlauge	–	240	—
Scheidewasser	–	242	—
Vitriolöl	– –	546	—
Terpentinöl	–	560	—
Leinöl Queckſilber	–	600	—

Durch viele Versuche scheint es zur Gewißheit gebracht zu seyn, daß zur Verdampfung einer jeden Materie ein bestimmter Grad von freyer oder fühlbarer Wärme erfordert werde. Diejenigen Theile des flüßigen Körpers, welche dem Feuer am nächsten sind, erhalten diesen Grad eher, und gehen dadurch zuerst in Dämpfe über, welche nun ihrer Leichtigkeit wegen in der übrigen flüßigen Masse als Blasen in die Höhe steigen. Aus dieser Erklärung des Siedens wird es sehr begreiflich, warum sich der flüßige Körper, wenn er einmal völlig siedet, nicht weiter erhitzen läst. Nemlich alle Wärme, die man ihm über die zum Sieden nöthige mittheilt, verwendet sich auf Erzeugung von Dämpfen, welche den Körper sogleich verlassen; und in dem noch tropfbaren Rückstande kan eine größere Hitze nicht statt finden, weil ihn diese sogleich in Dampf verwandlen würde. Daher behält der siedende tropfbare Theil einen bestimmten und begrenzten Grad der Hitze, den man seine Siedhitze,

Digitized by Google

oder seinen **Siedpunkt** (punctum s. gradum ebullitionis, *degré d' ébullition*) nennet.

So nehmen flüßige Körper während ihrer Verdampfung keinen höhern Grad der fühlbaren Wärme an, aus eben dem Grunde, aus welchem feste Körper während des Schmelzens ihre Wärme nicht ändern, s. **Schmelzung**. Man benützt diese Beständigkeit der Siedhitze, besonders beym Wasser, theils zur Bestimmung eines festen Punkts am Thermometer (s. **Thermometer**), theils zu chymischen Operationen, bey welchen man die Körper eine Zeitlang einer bestimmten gleichbleibenden Hitze aussetzen will. Zu dieser letztern Absicht werden die Gefäße durch siedendes Wasser, in welchen sie stehen, erhitzt. Man nennt dies, so wie jede Veranstaltung, bey welcher die Gefäße in heissem Wasser stehen, ein **Wasserbad** oder **Marienbad** (balneum maris, Mariæ, *Bain-Marie*). Wasser, das man, selbst in den dünnsten Gefäßen, in kochendes Wasser setzt, kan darinn nicht kochen, weil ihm das kochende Wasser seines Bades höchstens nur den Grad der Wärme mittheilen kan, den sein noch tropfbar bleibender Theil hat, der also zur Verdampfung noch nicht hinreicht (s. *Ladisl. Chernak* Diss. de aqua intra aquam ferventem non ebulliente. Groning. 1775. 4.)

Es ist aber der Satz, daß die Siedhitze jeder flüßigen Materie bestimmt und beständig sey, einigen großen Einschränkungen unterworfen. Fürs erste bezieht er sich nur auf die Hitze beym stärksten und völligen Sieden. Es steigen schon Luftblasen, auch wohl Dampfblasen, lange vorher auf, ehe die übrigen Theile der Masse alle die Hitze erhalten, die sie ohne Verdampfung anzunehmen fähig sind; daher kan die Hitze vom ersten Anfange des Siedens bis zum stärksten Grade desselben noch merklich zunehmen. Dieser Spielraum des Siedpunkts ist besonders bey den Oelen beträchtlich, welche desto schwerer verdampfen, und sich desto mehr erhitzen, je zäher sie sind. Da nun das Kochen selbst ihre Zähigkeit vermehrt, so ist es die natürliche Folge hievon, daß sie noch während des Siedens selbst immer heisser werden.

Digitized by Google

Vornehmlich aber hängt der Grad der Siedhitze von dem Drucke ab, den eine kochende Materie, oder eine kochende Schicht derselben, zu tragen hat. Denn da sich die Dämpfe nur durch ihre Elasticität ausdehnen und aufsteigen, so muß durch stärkern Druck von aussen her die Verdampfung erschwert, bey geringerm Drucke hingegen erleichtert werden. Wasser, das an der freyen Luft zu sieden aufhörte, fängt unter der Glocke der Luftpumpe, wenn man die Luft heraus zieht, von neuem an aufzuwallen, und siedet also bey einer geringern Wärme, wenn es weniger gedrückt wird. Herr de Sauſſüre (Eſſais ſur l' hygrometrie. Eſſ. III. ch. 1. §. 186.) beschreibt einen Versuch von Franklin mit einer Glasröhre, an deren Enden sich luftleere halb mit Wasser oder Weingeist gefüllte Kugeln befinden. In diesen luftleeren Kugeln ist schon die bloße Wärme der Hand hinreichend, das Wasser zum Kochen zu bringen. Eben dies sieht man in den sogenannten Pulshammern oder Wasserhammern, welches luftleere hermetisch verschlossene Glasröhren mit etwas Wasser oder Weingeist sind. Im Gegentheile zeigt die Papinische Maschine, welchen ungemeinen Grad der Hitze das Wasser annehmen könne, wenn sein Aufwallen und Verdampfen durch eine äussere Gewalt unterdrückt wird, ſ. Papiniſche Maſchine.

Daß Wasser und Weingeist in luftleeren Gefäßen bey sehr geringer Wärme kochen, wird zum erstenmale von Huygens (Pnevmatical experiments by Mr. *Papin*, directed by M. *Hugens* in Philoſ. Trans. num. 122. p. 544) erwähnt. Der Versuch scheint um das Jahr 1673 von Papin angestellt zu seyn (Nouvelles experiences du vuide. Paris 1674. 4.). Das Wasser kochte an einer Lichtflamme eine Viertelstunde lang, ohne daß das Glas mehr als lau ward. Nicht lange hernach erfand Papin auch seinen Digestor. Man kannte also den Einfluß des Drucks auf die Siedhitze des Wassers schon am Ende des vorigen Jahrhunderts; dennoch setzt Newton in seinem am Leinölthermometer bestimmten Verzeichniße der Grade der Hitze den Siedpunkt des Wassers schlechthin auf den 33sten Grad, ohne dieser Verschiedenheit zu gedenken.

Im Jahre 1702 fand **Amontons** bey seinen Versuchen, dem Thermometer feste Punkte zu geben, den Siedpunkt des Wassers in ofnen Gefäßen bestimmt und unveränderlich. Er bewieß sogar diese Beständigkeit durch eigne Versuche, und machte ein groſes Wunder daraus, daß das Wasser, wenn es einmal siede, weiter nicht heisser werde. Allein **Fahrenheit** (Philos. Trans. num. 385. p. 179) bemerkte an seinen Queckſilberthermometern im Jahre 1724, daß schon der Druck der Atmosphäre einen sehr merklichen Einfluß auf den Grad der Wärme des siedenden Wassers habe. Er zeigt dieses durch eine Art von Wasserthermometer, welches in kochendes Wasser gesetzt, viel höher stehe, wenn das Barometer einen hohen Stand hat; und schlägt vor, dieses Thermometer so einzurichten, daß es im kochenden Wasser bey 28 engl. Zoll Barometerhöhe an der tiefſten Stelle der Röhre, und bey 31 Zoll an der höchſten stehe, damit man es so als eine neue Art von Barometer gebrauchen könne.

Hieraus folgt, daß man den Siedpunkt des Wassers, wenn er zum festen Punkte einer Thermometerscale dienen soll, allezeit bey gleichem Drucke der Luft, oder bey gleichem Barometerstande, bestimmen müsse.

Da auf hohen Bergen die Luft weniger drückt, so muß daselbſt das Wasser eher sieden und weniger Hitze annehmen, als in den Ebnen am Fuß der Berge oder am Ufer des Meers. **Le Monnier** (Mem. de l'acad. roy. à Paris ann. 1740. p. 131.) brachte am 6ten October 1739 ein Queckſilberthermometer, das zu Perpignan bey der Barometerhöhe 28 pariſ. Zoll 2 Lin. graduirt war, auf den Gipfel des **Canigou** in den Pyrenäen, wo der Barometerſtand nur 20 Zoll 2½ Lin., also fast um 8 Zoll geringer, war. Als er es hier in kochendes Wasser senkte, stand es um 9 reaumüriſche, oder um 15 delisliſche Grade unter dem zu Perpignan bemerkten Siedpunkte. **Secondat de Monteſquieux** (Philos. Trans. num. 472.) fand die Hitze des kochenden Wassers auf dem **Pic-de-Midi** um 18 fahrenheitiſche Grade geringer, als in der Stadt Bagneres, und die Hitze des siedenden Weingeists betrug auf eben diesem

Berge nur 160 fahrenheitiſche Grade, da ſie in Bourdeaux deren 173 betragen hatte.

Herr de Lüc (Recherches ſur les modificat. de l'atmoſphère To. I. §. 450 a. ſqq.) hat dieſen Gegenſtand mit ſeiner gewöhnlichen Genauigkeit durch eigne neue Erfahrungen ſchärfer unterſucht. Auf einer Reiſe von Genf nach Genua im Jahre 1762 beobachtete er die Wärme des ſiedenden Waſſers an zehn Orten, und auf der Rückreiſe an 16 Orten von ſehr verſchiedenen Höhen mit einerley Thermometer, an welchem der Abſtand des jedesmaligen Siedpunkts vom Eispunkte durch einen Faden auf einem getheilten Maaßſtabe gemeſſen ward. Die Vergleichung der Reſultate zeigte, daß die Unterſchiede der Siedhitze den Unterſchieden der Barometerhöhe nicht genau proportional ſind, daß vielmehr bey gleichförmig abnehmender Barometerhöhe der Grad der Siedhitze in der Folge ſtärker, als im Anfange, abnimmt. Inzwiſchen traute Herr de Lüc ſeinen Beſtimmungen nicht Schärfe genug zu, um das wahre Geſetz, nach welchem ſich dieſe Unterſchiede richten, genau daraus herleiten zu können, und ſetzte daher im Durchſchnitte beyde Unterſchiede proportional, welches auch eben keinen beträchtlichen Fehler veranlaſſet, wenn man blos die Berichtigung des Siedpunkts der gewöhnlichen Thermometer zur Abſicht hat.

Nun fand er im Monat May 1762

Barometerſtand		Abſtand des Sied- und Eispunkts.
zu Turin - -	328¼ Lin.	= 822 Theile des Maaßſt.
auf dem Mont Cenis	273¼ —	= 782
Unterſchied	55½ Lin.	40 Theile
im Monat Auguſt		
zu Genua - -	341 Lin.	= 829 Theile
zu Tovet-deſſus -	263¼ —	= 773
Unterſchied	77¾ Lin.	56 Theile.

Im Durchſchnitte verhalten ſich alſo die Unterſchiede der Barometerhöhen in Linien zu den Unterſchieden der Ab-

ſtände des Siedpunkts vom Eispunkte in Theilen des Maaßſtabs, wie $55\frac{1}{2}+77\frac{3}{4} : 40+56$, das iſt wie $133\frac{1}{4} : 96$, und eine Linie Barometerfall erniedrigt den Siedpunkt des Thermometers um $\frac{96}{133,25}$ d. i. um 0, 72 Theile des Maaßſtabs.

Setzt man mit Herrn de Lüc ein für allemal feſt, daß der Siedpunkt aller Thermometer bey 27 pariſer Zoll (324 Lin.) Barometerhöhe beſtimmt werden ſolle, ſo wird für dieſe Normal-barometerhöhe (welche um 17 Lin. geringer iſt, als die beobachtete zu Genua), der Abſtand des Siedpunkts 829 — 17. 0,72 = 816, 8 Theile des delüeſchen Maaßſtabes betragen. Von dieſem Fundamentalabſtande machen 0, 72 Theile des Maaßſtabes den 1134ſten Theil aus. Daher erniedrigt eine pariſer Linie Barometerfall den Siedpunkt des Thermometers um $\frac{1}{1134}$ desjenigen Fundamentalabſtands, den man bey 27 Zoll Barometerhöhe gefunden hat, welches an der fahrenheitiſchen in 180 Grade getheilten Scale $\frac{180}{1134}$ oder $\frac{10}{63}$ Grad austrägt. Demnach ändert ſich der Siedpunkt bey der Barometerveränderung von 27 bis 28 Zoll um $1\frac{2}{63}$ oder um 1, 9 fahrenheitiſche Grade.

Kocht man z. B. Waſſer an einem Tage oder Orte, wo das Barometer 28 Zoll hoch ſteht, ſo ſiedet es erſt alsdann völlig, wenn ein bey 27 Zoll Barometerhöhe graduirtes Thermometer darinn 213, 9 fahrenheitiſche Grade zeigt. Oder zeigt das Barometer auf einem Berge nur 20 Zoll, ſo kocht das Waſſer ſchon bey 212 — 7. 1, 9 = 198, 7 Grad Wärme an einem ſolchen Thermometer.

Gebraucht man aber Thermometer, deren Siedpunkte bey andern Barometerhöhen beſtimmt ſind, welche von 27 Zoll um $\pm$ a Lin. abweichen, ſo muß man bedenken, daß der Fundamentalabſtand dieſer Thermometer ſelbſt um $\frac{a}{1134}$ des vorigen Abſtands größer oder kleiner iſt, oder

$1134 \pm a$ beträgt, wenn der vorige 1134 betrug. Was also $\frac{1}{1134}$ des vorigen war, ist $\frac{1}{1134 \pm a}$ des jetzigen. Daher erniedrigt eine pariſer Linie Barometerfall den Siedpunkt überhaupt um $\frac{1}{1134 \pm a}$ des auf dem Thermometer befindlichen Abſtands zwiſchen Sied- und Eispunkt. Dies iſt Herrn de Lüc erſte Regel.

Ex. Nach Maſkelyne (Philoſ. Trans. Vol. LXIV. P. I. n. 20.) bezeichnen die engliſchen Künſtler den Siedpunkt, wenn das Barometer bey 30 engl. Zoll (d. i. bey 28 Zoll 1, 8 Lin. pariſer Maaß, oder 13, 8 Lin. höher, als 27 Zoll) ſteht. Für ein ſolches Thermometer iſt also $a = +13,8$. Einer pariſer Linie Barometerveränderung kömmt auf ihm $\frac{1}{1134+13,8}$ oder etwa $\frac{1}{1148}$ Aenderung des Siedpunkts zu. Für die fahrenheitiſche Scale beträgt dies $\frac{180}{1148} = \frac{45}{287}$ Grad. Steht nun das Barometer nur bey 27 pariſer Zoll, oder 13, 8 Lin. niedriger, als bey der Verfertigung des engliſchen Thermometers, ſo kocht das Waſſer ſchon, wenn das Thermometer 13, 8. $\frac{45}{287} =$ 2, 16 Grad unter 212 ſteht. So kömmt der Siedpunkt der delücſchen Thermometer mit 209,84 oder faſt mit dem 210ten der engliſchen überein.

Herr de Luc behandlet in einer eignen ſeinem Werke eingerückten Abhandlung (Recherches ſur les modif. de l'atm. To. II. §. 857 ſqq. der Ueberſetz. II. B. S. 418 u. f.) dieſen Gegenſtand noch genauer, beſchreibt einen eignen Apparat zu Unterſuchung der Siedhitze des Waſſers auf Bergen, und meldet, ſeine Regel treffe bey großen Aenderungen des Barometerſtandes nicht mehr zu. Dies zeigt ſchon Le Monnier's Verſuch auf dem Canigou, wo

Digitized by Google

der Siedpunkt der Regel gemäß um $\frac{96.150}{1134} = 12,7$ de l'isliſche Grade tiefer ſtehen ſollte, in der That aber um 15 ſolcher Grade niedriger gefunden ward. Bey einem bis auf 2 Zoll Queckſilberhöhe verminderten Drucke giebt die Regel die Siedhitze $= 80 - \frac{300.80}{1134} = 58,9$ Grad der Scale von 80 Graden: aber bey Herrn Lichtenbergs Verſuche (Magazin für d. Neuſte a. d. Phyſ. II. B. 1ſtes St. S. 219.) kochte das Waſſer, wenn der Druck der Luft bis auf zwey Zoll vermindert war, ſchon bey 32 Grad dieſer Scale.

Herr de Luc ordnet alſo ſeine Beobachtungen, ſucht das Geſetz auf, nach welchem die Siedhitze bey ſelbigen vom Barometerſtande abzuhängen ſcheint, und findet endlich folgende Formel (wo b den Barometerſtand in Sechszehntheilen der pariſer Linie bedeutet, und die Siedhitze in Graden der bey 27 Zoll Barometerhöhe beſtimmten Scale von 80 Graden ausgedrückt wird)

O.) Siedhitze $= \frac{99}{2} \log b - 103,87$

Ex. Die Barometerhöhe ſey 28 Zoll 1,8 Lin. alſo b = 5404,8 Lin. Man nehme hievon den Logarithmen hundertfach

$$\begin{aligned} 100 \log b &= 373,27796 \\ \log b &= 3,73278 \\ 99 \log b &= 369,54518 \\ \tfrac{99}{2} \log b &= 184,77259 \\ &- 103,87 \\ \text{Siedhitze} &= 80,90 \text{ Grad.} \end{aligned}$$

Noch leichter wird alles, wenn man b nicht in Sechszehntheilchen, ſondern in ganzen Linien und Decimaltheilen ausdrückt. In der Formel ändert ſich dadurch nur dies, daß ſtatt 103,87 jetzt 44,266 abgezogen werden muß.

Digitized by Google

Herr de Luc giebt noch eine andere Formel, die sich auf Betrachtung der physischen Ursachen des Phänomens, auf einen äusserst mühsamen Versuch, und auf ein paar angenommene Sätze gründet. Die Ursachen der verschiedenen Siedhitze sind, weil die Hitze, in der das Wasser kochen sollte, durch den Druck der Luft vergrößert, und zugleich durch den Verlust an Wärme, den die der Luft ausgesetzte Oberfläche leidet, vermindert wird. Der Versuch ward mit einem von Herrn de Luc selbst bereiteten Wasserthermometer angestellt, das unglaubliche Arbeit erforderte. Dadurch zeigten sich die Größen der Veränderung durch Druck allein, ohne Verlust der Wärme. Ohne allen Druck und Verlust kochte das Wasser bey 78 Grad. Angenommen ward, die Verstärkung der Siedhitze durch den Druck verhalte sich direct, und der Verlust umgekehrt, wie der Druck. Die Untersuchung führt endlich auf nachstehende Formel (wo b den Barometerstand in Linien bedeutet.)

D.) Siedhitze $= 78 + 0,03642\ b - \frac{3175,2}{b}$ Grad.

Ex. Wenn b = 28 Zoll 1, 8 Lin = 337, 8 ist, so wird der Formel zweytes Glied = 12,303, das dritte = 9,4; also die Siedhitze = 78 + 12,303 — 9,4 = 80, 9 Grad, wie oben.

Die beyden Formeln G) und C.) treffen für Barometerstände von 28 Zoll 3 Lin. bis 19 Zoll ziemlich genau zusammen, wie die von de Luc §. 1088 mitgetheilte Tabelle zeigt. Für sehr niedrige Barometerstände würden sie sich freylich ansehnlich von einander entfernen. In der Strenge also können unmöglich beyde wahr seyn; ob man gleich für die Grenzen der gewöhnlichen Beobachtungen mit jeder ausreicht.

Herr Luz (Vollst. Anweisung, Thermometer zu verfertigen, Nürnb. 1781. gr. 8.) hat aus ihnen folgende Tabelle berechnet

b	Siedhitze	b	Siedhitze	b	Siedhitze
336	80, 78	324	80, 00	313	79, 26
335	80, 72	323	79, 93	312	79, 19
334	80, 65	322	79, 87	311	79, 12
333	80, 59	321	79, 80	310	79, 05
332	80, 53	320	79, 73	309	78, 98
331	80, 46	319	79, 67	308	78, 91
330	80, 40	318	79, 60	307	78, 84
329	80, 33	317	79, 53	306	78, 77
328	80, 26	316	79, 46	305	78, 70
327	80, 20	315	79, 40	304	78, 63
326	80, 13	314	79, 33	303	78, 66
325	80, 7				

Der Siedpunkt der engliſchen Thermometer ſteht nach dieſen Formeln um 0, 9 reaumüriſche, d. i. um 2, 02 fahrenheitiſche Grade höher, als der an de Lücs Thermometern. Daher trift eigentlich 209, 98 an jenen mit 80 an dieſen überein. Horsley (Philoſ. Trans. Vol. LXIV. n. 30.) findet 209, 989. Es läſt ſich ohne Bedenken 210 dafür annehmen.

Berechnet man die Siedhitze für 29½ und 30½ engl. Zoll (d. i. für 332, 15 und 343, 43 par. Lin.), ſo findet man ſie 80, 54 und 81, 25 Grad. Der Unterſchied macht 0, 71 Grad nach der reaumüriſchen, d. i. $\frac{9}{4}$. 0, 71 = 1, 59 nach der fahrenheitiſchen Scale aus (Eben ſo iſt es Philoſ. Trans. Vol. LXVII. P. II. n. 37. angegeben). Um dieſen Barometerſtand herum ändert ſich alſo der Siedpunkt etwa um 0, 114. 1, 59 = 0, 1 81 fahrenheit. Grad d. i. um $\frac{1}{1000}$ des ganzen Abſtands zwiſchen Sied- und Eispunkt, ſo oft ſich das Barometer um 0, 114 engl. Zoll ändert.

Die Anwendung hievon auf die Beſtimmung eines richtigen Siedpunkts wird beym Worte Thermometer unter dem Abſchnitte von der Beſtimmung der feſten Punkte angeführt werden.

Bey groſſen Verſtärkungen des Drucks nimmt das Waſſer ungemein beträchtliche Grade der Hitze an. Muſ-

schenbroek erzählt (Introduct. To. II. §. 1473.), er habe in einem stärken papinischen Digestor das Wasser dergestalt erhitzt, daß Zinn und Bley an kupfernen Dräthen befestiget darinn geschmolzen sey, wozu eine Hitze von 400 bis 540 fahrenheitischen Graden erfordert wird.

Da die Siedhitze durch den Druck vergrößert wird, so müssen in einem Gefäße voll Wasser, wenn es vollkommen siedet, die untern Schichten heisser, als die obern, werden, weil sie das Gewicht der obern mit tragen, und also stärker als diese, gedrückt werden. Würde die ganze Masse gleichförmig erhitzt, so müsten die obern Schichten auch eher zum völligen Kochen gelangen, als die untern, bey welchen der stärkere Druck die Verdampfung mehr hindert. Da man aber eine gleichförmige Erhitzung fast nie bewirken kan, so fangen diejenigen Theile zuerst an zu kochen, die dem Feuer am nächsten sind, und daher am schnellsten erhitzt werden, welches gewöhnlich die untern Theile sind.

Aristoteles (Problemat. Sect. XXIII. §. 5.) bemerkt schon, daß man ein dünnes Gefäß mit kochendem Wasser vom Feuer wegnehmen und am Boden mit der Hand angreifen könne, ohne sich zu verbrennen. Die Beobachtung ist richtig, und wird in den Schriften der pariser Akademie (Hist. de l'acad. roy. 1703. p. 30.) wieder angeführt, mit dem Zusatze, daß das Gefäß groß und der Boden sehr dünn seyn müsse, auch daß die Hand nur so lang unbeschädigt bleibe, als das Kochen des Wassers noch anhält. Unmittelbar nach dem Aufhören des Kochens wird der Boden unerträglich heiß. Homberg erklärt dieses Phänomen sehr cartesianisch aus der Richtung der Feuertheile, die wie spitzige Pfeile durch Gefäß und Wasser blos von unten hinauf gehen, also die Hand nicht eher verletzen können, als bis das Kochen aufhört und die Wege verstopft werden, welches die Pfeile nöthigt sich wieder nach allen Seiten, also auch herunter und gegen die Hand zu wenden. Eben das sagen auch Nollet, Musschenbroek, Brisson u. a. Wahrscheinlicher möchte folgende Erklärung seyn. Die einmal thätig gewordene Anziehung des Wassers gegen den

Wärmestoff wirkt noch eine Zeit lang fort, so, daß die Verdampfung nicht gleich und plötzlich aufhören kan. Weil aber von aussen kein Feuer mehr hinzukömmt, so wird zu dieser Verdampfung dasjenige mit verwendet, was sich vorher im Boden des Gefäßes, als freye Wärme, aufhielt. Daher kan dieser Boden der Hand wenig fühlbare Wärme mittheilen, d. h. er kan sie nicht brennen, bis das Kochen aufhört, und die dazu nöthige Verwendung oder Bindung der Wärme des Bodens wegfällt. Ist aber der Boden allzu dick, so können sich die Folgen dieser Operation, welche an der innern Fläche vorgeht, nicht bis zur äussern erstrecken, daher diese ihre ganze fühlbare Wärme behält und der Hand mittheilt.

v. Muſschenbroek Introd. ad Philoſ. nat. To. II. §. 1455. ſqq.

de Luc Untersuchungen über die Atmosphäre ꝛc. a. d. franz. Leipzig 1778. gr. 8. Th. I. S. 600. Th. II. S. 427. u. f. 501. u. f.

Erxleben Anfangsgr. der Naturlehre, Vierte Auflage, §. 435. 436.

Siedpunkt, ſ. Sieden, Thermometer.

Silber, Argentum, *Argent*. Das Silber ist ein vollkommnes Metall von weisser Farbe und einem sehr schönen Glanze. Es ist von den ältern Chymisten Luna oder Diana genannt, und mit ☾ bezeichnet worden. Sein eigenthümliches Gewicht ist zwar beträchtlich, doch fast um die Helfte geringer, als das Gewicht des Goldes. Es wird von Bergmann 10, 552 mal gröſſer, als das Gewicht des Wassers, angegeben, so daß ein pariser Cubikschuh von diesem Metall etwa 735 Pfund wiegt. Seine Dehnbarkeit ist ungemein groß, und es lassen sich daraus die feinsten Blättchen und dünnsten Dräthe bereiten. Die Festigkeit des Silbers nahm man sonst für geringer an, als die des Goldes, weil nach Muſſchenbroeks Versuchen ein Silberdrath von $\frac{1}{10}$ Zoll Durchmesser nur 270 Pfund tragen konnte, da ein gleich dicker Golddrath auf 500 Pfund trug. Aber schon die beym Worte Cohä-

sion angeführten Versuche mit gegossenen Parallelepipedis zeigen, daß die Festigkeit des Silbers größer sey; und die genauern Untersuchungen des Herrn Grafen von Sickingen (Versuche über die Platina. Mannheim 1782. 8. S. 115 u. f.), welche überhaupt von der Festigkeit der Metalle ganz andere Begriffe geben, haben gezeigt, daß ein Silberfaden von $\frac{1}{30}$ Lin. Dicke und 2 Fuß Länge erst von 20 Pfund 11 Unzen reißt, da ein gleichgroßer Goldfaden nur 16 Pfund 9 Unzen trägt.

Das Silber ist sehr feuerbeständig. Es wird im Feuer zuerst glühend, und schmelzt alsdann bey der Weissglühhitze, die man auf 1000 fahrenheitische Grade schätzt. Aber es leidet dabey sehr wenig Abgang. Kunkel fand es zwar nach einer monatlangen Schmelzung um einige Grane vermindert, aber er schreibt diese Verminderung blos dem Abgange einer fremden Materie zu. Dennoch fand Macquer, daß das Silber in dem Brennpunkte großer Brenngläser in Dämpfen aufgetrieben wird, die eine darüber gehaltene Goldplatte übersilbern. Tillet hat auch im Ofenfeuer, und Ehrmann (Versuch einer Schmelzkunst ꝛc. Strasburg, 1786. gr. 8. § 63.) beym Schmelzen vor dem Löthrohre mit dephlogistisirter Luft ein Verfliegen des Silbers wahrgenommen. Beym Zugange der Luft zeigt sich das Silber im Feuer unverbrennlich, und obgleich Junker behauptet, er habe es durch anhaltendes Reverberiren in eine verglasungsfähige Asche verwandlet, so sind doch zur Bestätigung hievon noch anderweite Versuche nöthig. Dieser Feuerbeständigkeit halber gehört das Silber unstreitig zu den vollkommnen oder edlen Metallen. Auch Luft und Wasser wirken nicht auf dasselbe; brennbare Dämpfe aber greifen seine Oberfläche an, und überziehen sie mit mancherley Farben.

Alle mineralische Säuren lösen das Silber auf, am leichtesten unter allen die Salpetersäure, die es auch schon in der Kälte mit Erhitzung, Aufbrausen und Entwicklung vieler nitrösen Luft angreift. Die Auflösung ist völlig klar und ungefärbt; nur wenn das aufgelöste Silber Kupfer enthalten hat, ist sie grünlich. Sie hat viel Aetzkraft, färbt

die Haut schwarz, und wenn sie verdünnt ist, purpurroth. Die in starker Salpetersäure gemachte Silberauflösung giebt abgeraucht ein weisses schuppenförmiges ätzendes Salz, die **Silberkrystallen** oder den **Silbersalpeter**, welcher bey sehr gelinder Wärme zerfließt und durch den Verlust seines Krystallisationswassers schwarz wird. Durchs Erkalten entsteht hieraus der **Höllenstein** oder **Silberätzstein** (lapis infernalis, causticum lunare), dessen Gebrauch in der Wundarzneykunst bekannt ist. Die Laugensalze schlagen aus der Silberauflösung **Silberkalke** nieder; der mit Kalkwasser gefällte Silberkalk giebt mit ätzendem Salmiakgeist bearbeitet, das **Knallsilber**, wovon ein eigner Artikel handlet.

Die Vitriolsäure verbindet sich mit dem reguliniſchen Silber nur, wenn sie concentrirt ist, und im Sieden, wobey sich Schwefelluft entwickelt. Die Auflösung schießt beym Erkalten zu kleinen nadelförmigen weissen Krystallen, dem **Silbervitriol**, an. Ob nun gleich das Silber von der Vitriolsäure schwerer aufgelöset wird, als von der Salpetersäure, so ist doch der Silberkalk mit jener näher verwandt. Denn aus der Silberauflösung in Salpetersäure wird durch Vitriolsäure, und durch alle vitriolische Mittelsalze, ein Silbervitriol niedergeschlagen.

Die gemeine Salzsäure greift das Silber nicht an; dennoch schlägt sie daſſelbe aus der Auflösung in Salpetersäure unter der Gestalt des Hornsilbers nieder. Diese sonst räthselhaften Erscheinungen der Vitriol- und gemeinen Salzsäure erklären sich jetzt sehr leicht aus ihrer starken Sättigung mit Phlogiston, s. **Salzsäure**. Die Richtigkeit dieser Erklärung bestätigt sich dadurch, daß die dephlogistisirte Salzsäure das reguliniſche Silber wirklich sehr leicht auflöset. Das **Hornsilber** (luna cornua, argentum salitum) zeigt sich in der Silberauflösung, wenn man Salzgeist, oder auch salzsaure Neutral- und Mittelsalze hineintröpfelt, zuerst als ein weisser flockiger Niederschlag, der am Lichte bald schwarz wird, im Wasser schwerauflöslich ist, in der Wärme aber bald zu einer bräunlichgrauen halbdurchsichtigen Substanz zerfließt, die sich, wie Horn, bie-

Digitized by Google

gen und schneiden läst. In diesem Hornsilber hängt die Salzsäure mit dem Silber sehr stark zusammen, und kan nur auf dem troknen Wege durch einige mühsame Reductionsarten, vornehmlich durch die fixen Laugensalze, davon geschieden werden, wodurch man das Silber in seiner gröſten Feinheit erhält.

Die Auflösung des Silbers in Salpetersäure dient als ein Mittel, die Gegenwart der Salz- und Vitriolsäure bey Untersuchung der mineralischen Wasser zu entdecken, weil sie aus denselben sogleich und mit vieler Leichtigkeit ein Hornsilber oder einen Silbervitriol niederschlägt, deren Menge sich, wie die Menge der vorhandenen Säure, verhält. Durch einige Metalle, die mit der Salpetersäure in näherer Verwandschaft stehen, vorzüglich durch Kupfer, wird das Silber aus seiner salpetersauren Auflösung in metallischer Gestalt niedergeschlagen.

Die meisten übrigen Säuren lösen zwar den Silberkalk, nicht aber das reguliniſche Silber, auf. Die fixen Laugensalze greifen weder das Silber, noch seinen Kalk an; das flüchtige aber löset den letztern vollkommen auf.

Der **Schwefel** verbindet sich mit dem Silber im Schmelzen sehr leicht, und bildet damit ein künstliches Glaserz, das im Gießen sehr feine Eindrücke annimmt, und durchs Röſten, d. i. durch die Wirkung des Feuers an freyer Luft, oder durchs Verpuffen mit Salpeter, das Silber unverändert zurückläst. Auch die **Schwefelleber** löset durch Schmelzung das Silber auf, und macht es mit sich im Wasser auflöslich. Schwefelleber auf nassem Wege und hepatische Luft machen das metallische Silber schwarz.

Das Silber kan sich mit allen Metallen verbinden. Vornehmlich wird es zu Münzen und Kunstarbeiten mit Kupfer versetzt, auch dem Golde beygemischt. Das Bley bemächtiget sich des Silbers sehr leicht, wenn das letztere mit andern Metallen, z. B. Kupfer oder Eisen vermischt ist; daher bedient man sich des Bleys, um das Silber durch Saigern und Feinbrennen von diesen Beymischungen zu reinigen. Vom Bleye selbst wird es durch Abtreiben, d. i. durch Verschlackung des Bleyes im Feuer geschieden, wobey

Digitized by Google

das Silber, als ein edles Metall, rein und unverändert zurückbleibt.

Man findet dieſes Metall in der Erde theils gediegen, theils vererzt. Das gediegene oder gewachſene Silber iſt gewöhnlich mit etwas wenigem Golde und Kupfer vermiſcht. Weit öfter aber findet ſich das Silber durch Schwefel und durch Arſenik vererzet. Das Glaserz iſt eine Verbindung des Silbers mit dem Schwefel, die keine beſtimmte Geſtalt, und faſt die Farbe, Weiche und Schmelzbarkeit des Bleyes hat. Im Hornerze iſt das Silber mit Salzſäure verbunden, und im Rothgüldenerze durch Arſenik und etwas Schwefel vererzt. Das Weißerz iſt durch Eiſen und Arſenik, das Weißgüldenerz durch geſchwefeltes Kupfer, Eiſen und Arſenik, das Fahlerz durch geſchwefeltes und arſenicirtes Kupfer, das Silberfedererz durch Schwefel und Spießglas vererztes Silber. Auſſer dieſen Erzen findet ſich das Silber noch in einer Menge anderer Erze, welche aber von andern Metallen oder Halbmetallen mehr, als vom Silber, enthalten, alſo auch den Namen der Silbererze nicht führen. Dahin gehören der Bleyglanz, die ſilberhaltige Pechblende, die ſilberreichen Kobalte u. a.

Das Silber dient nicht allein gemünzt zur bequemen Darſtellung des Werths aller menſchlichen Bedürfniße, ſondern es wird auch ſeiner Schönheit und Dauerhaftigkeit halber häufig zu Geräthſchaften und Schmuck verarbeitet, und zu Verſilberungen gebraucht, um die Oberflächen anderer Körper zu verſchönern und beſſer gegen Luft und Waſſer zu bewahren. Auſſerdem wird es auch zum Löthen der Gold- Silber- und Stahlarbeiten und zur Bereitung des in der Wundarzneykunſt dienlichen Höllenſteins genützt.

Macquer chymiſches Wörterbuch, Art. Silber, Silbererze.

Sinne, Senſus, *Sens.* Man verſteht unter den Sinnen überhaupt diejenigen Fähigkeiten und Einrichtungen im menſchlichen und thieriſchen Körper, durch welche fremde Körper Eindrücke auf ihn machen, und damit über-

Digitized by Google

einſtimmende Empfindungen und Vorſtellungen in der Seele hervorbringen. Bekanntermaſſen zählt man fünf Sinne, von welchen die Artikel: **Geſicht, Gehör, Gefühl, Geruch, Geſchmack** nachzuſehen ſind. Die im Körper befindlichen zu dieſem Gebrauche beſtimmten Organe heiſſen **Werkzeuge der Sinne** (organa ſenſuum). Wir finden, daß alle Sinne die auf ſie gemachten Eindrücke durch die **Nerven** ins Gehirn fortpflanzen; wie ſie aber hier der Seele überliefert und von derſelben empfunden, geordnet, aufbehalten werden u. ſ. w., iſt für uns ein unerforſchliches Geheimniß.

Niemand wird zweifeln, daß an ſich mehr Sinne, als die bekannten fünf, möglich ſind. So kan es Eigenſchaften und Verhältniße der Körper geben, die uns ganz unbekannt bleiben, weil uns der nöthige Sinn mangelt, ſie wahrzunehmen. Wahrſcheinlich ſind die **Fühlhörner** und **Fühlfäden** der Inſekten und Gewürme ſinnliche Werkzeuge, ob wir gleich den Sinn nicht beſtimmen können, dem ſie zugehören. Niemals alſo können wir verſichert ſeyn, die ganze und wirkliche Körperwelt zu kennen. Der ſinnliche Schein ſtellt uns nie die Körper ſelbſt, ſondern nur ihre Verhältniße zu unſern fünf Sinnen dar.

Solſtitialpunkte, ſ. **Sonnenwenden.**

Solution, ſ. **Auflöſung.**

Sommer, Aeſtas, *Eté*. Eine der vier Jahrszeiten, welche zwiſchen den Frühling und Herbſt fällt, vom längſten Tage anfängt, an welchem die Sonne im Mittage den höchſten Stand erreicht, und ſich mit dem Tage der Herbſtnachtgleiche endigt. Der Eintritt der Sonne in den Krebs beſtimmt in unſern Ländern den Anfang, und der in die Wage das Ende des Sommers. Alſo fängt dieſe Jahrszeit bey uns um den 21 Jun. mit dem längſten Tage an, und hört um den 23 September mit der Nachtgleiche auf, ſ. **Ekliptik.**

In der ſüdlichen gemäßigten Zone ſteht die Sonne im Mittage am höchſten, und der Tag iſt am längſten, um

Digitized by Google

die Zeit ihres Eintritts in den Steinbock. Hier fängt also der Sommer mit dem längſten Tage am 21 Dec. an, und endigt ſich mit der Nachtgleiche um den 20 März.

In der heiſſen Zone giebt es jährlich zween Tage, an welchen die Sonne durch den Scheitel geht, und alſo im Mittage den höchſten möglichen Stand erreicht. Einer dieſer Tage fällt vor ihrem Eintritte in den Krebs oder Steinbock, der andere nach demſelben. Wollte man hiernach den Anfang des Sommers beſtimmen, ſo würde es für dieſe Orte jährlich zween Sommer geben. Aber es iſt ſchon bey dem Worte Jahrszeiten bemerkt, daß ſich dieſe Abtheilungen auf die Orte der heiſſen Zone nicht anwenden laſſen.

Auch bey uns verſteht man im gemeinen Leben, wo die Namen der Jahrszeiten nicht ſo genau auf den Stand der Sonne bezogen werden, unter dem Sommer die Zeit, binnen welcher die Tage am längſten ſind, und die ſtärkere Sonnenwärme die Früchte zur Reife bringt.

Sommerpunkt, Punctum ſolſtitii æſtivi, *Solſtice d'été*. Derjenige Punkt der Ekliptik, in welchem die Sonne bey ihrem ſcheinbaren jährlichen Umlaufe die gröſte nördliche Abweichung hat, und in den ſie um den 21 Jun. oder zu Anfange unſers Sommers tritt. Weil ſie in dieſem Punkte dem Nordpole am nächſten ſteht, ſo erreicht ſie alsdann für die Orte der nördlichen gemäßigten Zone die gröſte Mittagshöhe und giebt den Bewohnern derſelben den längſten Tag und die kürzeſte Nacht. Dieſer Punkt iſt der Anfang vom Zeichen des Krebſes, obſchon das Sternbild des Krebſes dieſen Ort verlaſſen hat, und der Sommerpunkt anjetzt in das Bild der Zwillinge, nahe vor die Füße des Caſtor, fällt. Dieſer Punkt iſt vom Frühlingspunkte, oder vom Anfange der Ekliptik und des Aequators, um 90° öſtlich entfernt; daher beträgt ſeine Länge und gerade Aufſteigung 90° oder 3 Zeichen; ſeine Abweichung aber iſt nördlich und der Schiefe der Ekliptik gleich, ſ. Schiefe der Ekliptik. Durch dieſen Punkt geht mit dem Aequator parallel der Wendekreis des Krebſes, ſ. Wendekreiſe.

Digitized by Google

Sommersonnenwende, s. Sonnenwenden.

Sonne, Sol, *Soleil*. Die Sonne ist der hellste, glänzendste und für uns der wichtigste unter allen den Weltkörpern, die wir am Himmel wahrnehmen. Ihre Gegenwart über dem Horizonte verbreitet über die Erdfläche das Licht des Tages, vor dessen Glanze alle andern Gestirne verschwinden; ihre Verbergung unter dem Horizonte veranlaßet die Dunkelheit der Nacht. Ihre Stralen erregen in den Körpern, die ihnen ausgesetzt sind, eine fühlbare Wärme, welche zur Erhaltung und zum Wachsthum der organisirten Schöpfung unentbehrlich ist. Diese Wärme wird desto stärker, je länger die Körper der Sonne ausgesetzt bleiben, je mehr Stralen ihre Flächen auffassen, und je mehr sich der Einfallswinkel dieser Stralen der Größe des rechten Winkels nähert. Daher wird der verschiedene Stand der Sonne gegen die Orte der Erdfläche zugleich die Ursache der abwechselnden Taglängen, Jahrszeiten und Temperaturen, wovon die jährlich wiederkehrende Fruchtbarkeit des Bodens, die Eintheilung der Zeit, die Beschaffenheit des Klima und überhaupt ein unbeschreiblich großer Theil der menschlichen Wohlfahrt abhängt.

Die neuere Sternkunde lehrt, daß die Sonne nicht allein unsere Erde, sondern auch die übrigen Planeten und deren sämmtliche Monden oder Begleiter erleuchte. Sie zeigt auch, daß alle diese Körper, sammt den Kometen mit einander ein einziges System bilden, in welchem die Sonne den vorzüglichsten Platz einnimmt, und in der Mitte in einem Punkte ruht, um welchen die übrigen Hauptkörper, als untergeordnete, in bestimmten Laufbahnen umgetrieben werden, s. Weltsystem. Die Sonne ist also der vornehmste Körper dieses ganzen Systems, und für alle übrigen die Quelle des Lichts, wahrscheinlich auch die Quelle der Wärme und Fruchtbarkeit.

Den Augen der Erdbewohner stellt sich die Sonne als eine kreisrunde Scheibe dar, deren Glanz aber zu lebhaft ist, als daß sie das bloße Auge ohne Gefahr der Beschädi-

Digitized by Google

digung betrachten könnte. Von den Mitteln, sie zu beobachten, und den Flecken, die man alsdann auf ihrer Fläche wahrnimmt, s. den Artickel Sonnenflecken. Man hat aus den Bewegungen dieser Flecken geschlossen, daß sich die Sonne in 25½ Tagen um ihre Axe drehe. Weil sie hiebey immer kreisrund erscheint, so muß sie eine Kugel seyn, indem die Eigenschaft, in allen Lagen als ein Kreis zu erscheinen, unter allen Körpern nur der Kugel allein zukömmt.

Die Sonne scheint nicht nur mit den übrigen Gestirnen der täglichen Bewegung zu folgen, sondern sie verändert auch ihren Ort unter den Fixsternen unaufhörlich, und zeigt also eine eigne Bewegung, nach welcher ihr Mittelpunkt langsam von Abend gegen Morgen fortzurücken, und in der Zeit eines Jahres einen völligen Umlauf um den Himmel zu vollenden scheint. Der Weg, den dieser Mittelpunkt hiebey zurücklegt, stellt sich als ein gröster Kreis der Himmelskugel dar, und führt den Namen der Ekliptik oder Sonnenbahn, s. Ekliptik.

Um sich die jährliche Bewegung der Sonne, verbunden mit der täglichen, vorzustellen, denke man sich eine Kugel, wie Taf. VIII. Fig. 2, welche unaufhörlich um eine durch ihren Mittelpunkt gehende Axe PS umgedreht wird. Man setze auf diese Kugel ein Insekt in I, welches dem Punkte oder Pole S näher, als dem andern P ist, so wird dieses bey der Umdrehung der Kugel einen mit dem Aequator AQ parallelen Kreis IK beschreiben, und dadurch die tägliche Bewegung der Sonne nachahmen. Indem sich aber die Kugel nach einer Gegend drehet, mag das Insekt, das wir in I gestellt haben, langsam nach einer gegenseitigen Richtung durch ein kleines Stück des schiefliegenden Kreises IG fortgehen, so wird dies die jährliche oder eigne Bewegung der Sonne vorstellen, die langsam gegen Morgen fortrückt, während daß sie von der weit schnellern täglichen Umdrehung, zugleich mit dem ganzen Himmel, gegen Abend geführt wird. Diese Verbindung beyder entgegengesetzten Bewegungen hat Ovid (Metam. II. 70.) in folgenden Versen schön ausgedrückt:

Adde, quod assidua rapitur vertigine cœlum

Sideraque alta trahit celeriqne volumine torquet.
Nitor in adverſum, nec me (qui cætera) vincit
Impetus, & rapido contrarius evehor orbi.

wiewohl er ſehr fehlerhaft die tägliche Bewegung ſo vorſtellt, als ob ſie im Zodiakus geſchähe. Indem die Sonne von I nach C zu fortrückt, befindet ſie ſich am Ende jeder täglichen Umwälzung nicht mehr da, wo ſie am Anfange derſelben war; ſie tritt alſo bey der folgenden Umdrehung nicht wieder in den vorigen Kreis ein, ſondern ſcheint in Spiralen oder Schraubengängen um den Himmel zu laufen, in welchen ſie ſich nach und nach von IK bis nach FG, und von FG wieder herab bis nach IK, windet.

Die alten Aſtronomen, welche die Unbeweglichkeit der Erde behaupteten, muſten dieſe beyden Bewegungen zugleich für wirklich annehmen, und die Sonne in der That in ſolchen Spiralgängen um die Erde laufen laſſen; das kopernikaniſche Syſtem aber nimmt die Sonne für ruhend an, erklärt beyde Bewegungen nur für ſcheinbar, und läſt die tägliche aus der Umwälzung der Erde um ihre Axe, die jährliche aber aus ihrem Umlaufe um die Sonne entſpringen, ſ. Erdkugel (Th. II. S. 43. u. f.), welche Erklärung weit einfacher, wahrſcheinlicher und den Geſetzen der Mechanik ſo angemeſſen iſt, daß uns h. z. t. über die Richtigkeit derſelben kein Zweifel mehr übrig bleibt, ſ. Weltſyſtem.

Daß die Sonne von uns viel weiter, als der Mond, abſtehe, lehren ſchon die Sonnenfinſterniße. Wie groß aber ihre Entfernung in der That ſey, muß durch Abmeſſungen ihrer Parallaxe gefunden werden, ſ. Parallaxe. Da nun die Sonnenparallaxe ſehr klein iſt, ſo gehören dieſe Abmeſſungen unter die feinſten der Aſtronomie, und man hat nur erſt ſeit 30 Jahren hierüber zu mehrerer Zuverläßigkeit gelangen können.

Wie ſchwankend die Begriffe der Alten von der Entfernung der Sonne waren, findet man beym Plinius (H. N. II. 21. 23.). Pythagoras ſoll von der Erde bis zum Monde 126000 Stadien, von dieſem aber bis zur Sonne eine doppelt ſo große Weite angenommen haben. Eben ſo willkührlich ſind die Angaben des Poſidonius und des

Digitized by Google

Plinius ſelbſt, welcher letztere aus dem Verhältniße des Durchmeſſers zum Umkreiſe folgert, die Sonne ſtehe um ein Sechſtel des Umfangs der Sonnenbahn von der Erde ab, der Mond aber um ein Zwölftel, weil er ſeinen Umlauf am Himmel in einer zwölfmal kürzern Zeit, als die Sonne, vollende — eine Schlußart, die (wenn ich anders die Stelle recht verſtehe) ſehr unmathematiſch iſt.

Ariſtarch von Samos Περὶ μεγεθῶν καὶ ἀποσημάτων ἡλίου καὶ σελήνης edit. lat. a *Feder. Commandino* Piſauri 1572. græc. et latin. in *Jo. Walliſii* Operibus Vol. III. Oxon. 1699. fol.) lehrte zuerſt 260 Jahre vor Chriſti Geb. eine in der Theorie ſinnreiche Methode, die Weite der Sonne von uns aus Beobachtungen der Mondsviertel zu ſchließen. In dem Augenblicke, da die Mondſcheibe halb erleuchtet erſcheint, d. i. in dem Zeitpunkte der Dichotomie (ſ. Mondphaſen) bilden die Mittelpunkte der Sonne, der Erde und des Monds das Dreyeck SLT Taf. XXII. Fig. 5, welches am Monde bey L einen rechten Winkel hat. Wäre die Weite der Sonne ST unendlich groß (wie in dem Artikel Mondphaſen und in der Abbildung Taf. XVII. Fig. 58 angenommen ward), ſo würde bey T auch ein rechter Winkel ſeyn, und die Dichotomie würde ſtatt finden, wenn der ſcheinbare Abſtand (oder die Elongation) des Monds von der Sonne LTS genau 90° wäre. So iſt es auch dort (Th. III. S. 291 u. f.) wirklich angegeben, weil man ſich bey der gewöhnlichen Beſtimmung der Mondphaſen damit befriedigen kan. Scharfe Beobachtungen aber zeigen die Elongation des Monds oder den Winkel T, im Augenblicke der Dichotomie etwas ſehr weniges kleiner, als 90°. Wird nun dieſer Winkel T genau gemeſſen, ſo hat man aus dem Dreyecke STL die Weite der Sonne

$$TS = \text{sec. } T \times TL$$

welche Größe gefunden werden kan, wenn TL oder die Entfernung des Monds von der Erde bekannt iſt. Ariſtarch (Poſit. 4.) ſetzt aus Beobachtungen $T = 87°$, und findet daraus (Prop. 7.) die Weite der Sonne von uns zwiſchen 18 und 20 mal größer, als die Weite des Monds.

Digitized by Google

Unſere trigonometriſchen Tafeln würden ihm $19\frac{1}{5}$ mal gegeben haben (weil sec. $87° = 19,1073226$ iſt).

Unter andern Schwierigkeiten dieſes Verfahrens fällt gleich in die Augen, daß der wahre Augenblick der Dichotomie nicht mit zulänglicher Schärfe wahrzunehmen iſt, und gleichwohl die geringſte Aenderung des Winkels L, den man hier für einen rechten annimmt, das geſuchte Verhältniß TS: TL ſehr ſtark ändert. Neuere Aſtronomen haben andere Größen des Winkels T gefunden, als Ariſtarch annimmt, woraus ganz andere Reſultate folgen. Der Niederländer **Wendelin** (ſ. *Riccioli* Almag. nov. To. I. L. III. c. 7. art. 12.) ſetzt $T = 89° 45'$, wovon die Secante 229, 18384 die Sonne über 229 mal weiter, als den Mond, giebt, welches ($TL = 60$ geſetzt, ſ. **Mond**) eine Entfernung von 13751 Erdhalbmeſſern ausmacht. Es iſt alſo dieſe ganze Methode, ſo viel Ehre ſie ihrem Erfinder bringt, nur zu beyläufigen Schätzungen dienlich, und kan in der neuern Aſtronomie nicht weiter gebraucht werden.

Ein anderes von **Hipparch** erfundenes Verfahren, die Weite der Sonne aus der Größe des Erdſchattens bey Mondfinſternißen zu finden, hat **Ptolemäus** (Almag. L. V. c. 15) gebraucht. Es hängt mit dem aſtronomiſchen Lehrſatze zuſammen, daß die Summe der ſcheinbaren Halbmeſſer der Sonne und des Erdſchattens eben ſo groß ſey, als die Summe der Horizontalparallaxen der Sonne und des Mondes iſt. Nun ſetzt **Ptolemäus** aus Beobachtungen den ſcheinbaren Halbmeſſer der Sonne $= 15' 40''$, den des Erdſchattens $= 40' 45''$, wovon die Summe $56' 25''$ ausmacht. Die Weite des Monds von der Erde nimmt er $65\frac{1}{2}$ Erdhalbmeſſer, welches eine Mondparallaxe von $53' 35''$ vorausſetzt. Zieht man dieſe von obiger Summe ab, ſo bleibt für die Sonnenparallaxe $2' 50''$ übrig. Beym Ptolemäus iſt das Verfahren nicht ſo einfach, weil er nicht die Parallaxe, ſondern die Diſtanz des Mondes ſelbſt, in die Rechnung bringt, und daraus durch die weitläuftigern Methoden der alten Trigonometrie die Sonnenparallaxe $= 2' 57''$ findet, woraus die Weite der Sonne von der Erde 1166 Erdhalbmeſſer geſchloſſen wird. Aber

Digitized by Google

die scheinbare Größe des Erdschattens kan durch wirkliche Beobachtung unmöglich so genau gefunden werden, als auch nur zu erträglicher Bestimmung der Sonnenparallaxe erfordert würde. Daher haben die neuern Astronomen auch dieses Verfahren für unbrauchbar erklärt, und ihre genauern Bestimmungen geben die Weite der Sonne auf zwanzigmal größer.

Seit der Verbesserung der astronomischen Beobachtungen durch Tycho de Brahe fielen die Bestimmungen der Sonnenparallaxe von Zeit zu Zeit geringer aus. Tycho selbst nahm sie noch 3 Min., Kepler 1 Min., Hevel nur 40 Sec., Riccioli 28 Sec. an; Wendelins angeführte Beobachtung der Mondsviertel gab nur 15 Secunden. Aus allem dem zeigte sich, daß die Sonnenparallaxe sehr klein sey, daß daher ihre Bestimmung die genauesten Methoden und besten Instrumente erfordere. Dennoch verlohnte es sich sehr der Mühe, sie sorgfältig zu untersuchen; denn da die keplerischen Regeln und die Theorie des Planetenlaufs blos Verhältnisse der Abstände im Sonnensystem angeben, so war die Weite der Sonne von der Erde gleichsam die allgemeine Standlinie, auf welche alle diese Abstände bezogen wurden, und von deren Messung die Bestimmung aller absoluten Größen im Weltsystem abhieng. So wuste man zwar, daß Jupiter $5\frac{1}{2}$ mal weiter von der Sonne abstehe, als die Erde; aber wie viel dieser Abstand in bekannten Maaßen betrage, konnte nicht eher ausgemacht werden, als bis die Weite der Sonne in solchen Maaßen genau bestimmt war.

Beym Worte Parallaxe (Th. III. S. 402 u. f.) habe ich gezeigt, auf welche Art sich Parallaxen der Gestirne finden lassen. Aber die dort angegebne Methode läst sich bey der Sonne und den entferntern Planeten, deren Parallaxen zu klein sind, nicht anbringen. Sie ist nur für Mars, Venus und Merkur zu der Zeit, wenn sie uns sehr nahe kommen, brauchbar. Hat man inzwischen die Parallaxe eines der genannten Planeten auf diese Art gefunden, so giebt die keplerische Theorie für den Augenblick der Beobachtung das Verhältniß seines Abstands von der Er-

Digitized by Google

de zum Abſtande der Sonne an, welches zugleich das umgekehrte Verhältniß ſeiner Parallaxe zur Sonnenparallaxe iſt. Daraus kan man alſo die letztere finden. Dieſe Methode iſt beſonders beym Mars bequem, welcher bey ſeiner gröſten Nähe an der Erde die ganze Nacht hindurch ſichtbar iſt. Nach dem Vorſchlage des ältern Caſſini (Acta erud. Lipſ. 1685. menſ. Octobr. p. 470. ſqq.) haben ſich mehrere Aſtronomen dieſes Verfahrens bedient. Flamſtead und Maraldi fanden hiedurch die Sonnenparallaxe nur 10 Secunden; Pound und Bradley beſtimmten ihre Grenzen 1719 zwiſchen 9 und 12 Sec. und de la Caille berechnete aus ſeinen Beobachtungen am Vorgebirge der guten Hofnung, mit Wargentins gleichzeitigen in Stockholm verglichen, die Parallaxe des Mars für den 14 Sept. 1751 auf 26, 8 Sec., woraus die Sonnenparallaxe (weil ſich die Entfernungen der Erde von der Sonne und vom Mars damals, wie 1000 zu 382 verhielten) = $10\frac{1}{4}$ Secunden folgte.

Da uns Venus in ihrer untern Conjunction noch weit näher, als Mars, kömmt, ſo wäre dieſe Methode bey ihr noch vortheilhafter. Allein es iſt ſchwer, die Venus zu dieſer Zeit wegen ihres nahen Standes bey der Sonne gehörig zu beobachten. Inzwiſchen haben doch Maraldi, Blanchini und de la Caille auch dieſen Weg verſucht, und der letztere hat die Sonnenparallaxe auf demſelben gleichfalls $10\frac{1}{4}$ Sec. gefunden

Das vortreflichſte Mittel aber gaben die Durchgänge der Venus durch die Sonnenſcheibe in den Jahren 1761 und 1769. Ich habe hievon ſchon bey dem Worte Durchgänge (Th. I. S. 636 u. f.) das nöthigſte beygebracht, und angeführt, daß man durch die Beobachtungen dieſer Himmelsbegebenheit im Jahre 1769 die damalige Sonnenparallaxe zwiſchen die engen Grenzen von 8, 5 und 8, 6 Secunden eingeſchränkt habe. Da dies im Monat Junius, alſo um die Zeit des gröſten Abſtandes der Sonne von der Erde (ſ. Sonnenferne) ſtatt fand, ſo muß die Parallaxe für die mittlere Entfernung noch ein wenig größer ſeyn. Der P. Hell (Appendix ad Ephemerides Vienn.

Digitized by Google

ann. 1773. p. 107.) ſetzt dieſe letztere 8″, 7; de la Lande (Aſtronomie. 2149) glaubt, man könne ſie 8″, 75 annehmen. In der Tafel aber, welche eine Vorſtellung der Größen im Weltſyſtem giebt, nimmt de la Lande die mittlere Sonnenparallaxe nur 8, 5 Secunden, womit auch die berliner Sammlung (B. I. S. 9.) übereinſtimmt.

Aus der Horizontalparallaxe der Sonne findet man nun ihre Entfernung von der Erde in Erdhalbmeſſern, wenn man die Zahl 206264, 8 durch die Anzahl der Secunden, welche die Parallaxe in ſich hält, dividiret, ſ. Parallaxe (Th. III. S. 400. Ex. 1 und 2). Folgende Tafel zeigt die Reſultate hievon in Erdhalbmeſſern und deutſchen Meilen, und läſt zugleich bemerken, wie viel bey dieſen Beſtimmungen auf geringe Theile einer Secunde ankomme.

⊙ paral-laxe	Entfernung der ⊙ in Erd-halbmeſſern.	In deutſchen Meilen, den Halbmeſſer = 859½ Meil. geſetzt.
8″, 5	24266	20 856 000
8″, 6	23984	20 604 000
8″, 7	23708	20 377 000
8″, 75	23573	20 261 000
8″, 8	23430	20 138 000

In runden Zahlen kan man die mittlere Weite der Sonne von der Erde auf 24000 Halbmeſſer, d. i. 12000 Durchmeſſer der Erde oder 20 628000 geographiſche Meilen ſetzen, d. i. annehmen, daß zwölftauſend an einander geſetzte Erdkugeln von hier aus die Sonne erreichen würden. Demnach iſt die Sonne 400 mal weiter von uns entfernt, als der Mond, und eine Kanonenkugel, welche in einer Sec. durch 600 rheinl. Fuß geht, würde den Weg zur Sonne nicht eher, als in 9418 Tagen d. i. in 25 Jahren und 10 Monaten zurücklegen. (*Hugen.* Coſmoth. edit. Hag. 1698. 4. p. 106.)

Den ſcheinbaren Durchmeſſer der Sonne haben ſchon die Alten, ziemlich richtig, etwas über $\frac{1}{30}$ eines Zeichens, d. i. über einen halben Grad geſetzt. Von den neuern Mitteln, ihn zu meſſen, ſ. Heliometer.

Digitized by Google

Man findet ihn im Sommer durchgängig kleiner, als im Winter, und traut daher den Beobachtungen des kleinſten Durchmeſſers mehr, weil ſie ſich in unſern Ländern bey gröſſern Sonnenhöhen anſtellen laſſen, wobey die Stralenbrechung weniger Einfluß hat. Caſſini (Elem. de l' Aſtr. L. II. ch. 5.) fand

am 23 Dec. 1732 den gröſten 32′ 37″, 5.
am 30 Jun. 1735 den kleinſten 32 32, 5.

Bradley und de la Lande geben den kleinſten 31′ 30″, 5; der letztere aber ſieht es als möglich an, daß die dioptriſche Abweichung bey ſeinem Heliometer eine Vergrößerung von 2 - 3 Sec. könne bewirkt haben; auch hat Short mit einem achromatiſchen Objectivmikrometer an einem Spiegelteleſkop von 2 Fuß den kleinſten Durchmeſſer nur 31′ 28″ gefunden. Inzwiſchen nimmt de la Lande (Aſtr. 1230.) den gröſten 32′ 36″, den kleinſten 31′ 31″ an. Hieraus folgt der mittlere = 32′ 3″, 5. Die berliner Tafeln nehmen dieſen mittlern Durchmeſſer = 32′ 2″; de la Lande ſelbſt ſetzt ihn in den Tafeln nur 31′ 57$\frac{1}{3}$″.

Wenn die in der Erdferne ſtatt findende Horizontalparallaxe der Sonne 8$\frac{1}{2}$ Secunde iſt, ſo erſcheint zu dieſer Zeit der Erddurchmeſſer, aus der Sonne geſehen, unter einem Winkel von 17 Sec., indeß der Sonnendurchmeſſer, aus der Erde geſehen, einen Winkel von 31′ 31″ == 1891 Sec. einnimmt. Weil ſich nun für einerley Augenblick die ſcheinbaren Durchmeſſer der Sonne aus der Erde, und der Erde aus der Sonne geſehen, wie die wahren Durchmeſſer verhalten müſſen, ſo findet man die letztern im Verhältniſſe 1891 : 17 == 111, 235 : 1, oder die Sonne im Durchmeſſer über 111 mal größer, als die Erde. Iſt nach de la Lande die mittlere Sonnenparallaxe 8, 5 Sec. und der mittlere Durchmeſſer = 31′ 57″, 5 == 1917, 5 Sec. ſo wird dieſes Verhältniß = 1917, 5 : 17 == 112, 79 : 1, oder die Sonne

im Durchmeſſer 112, 79 mal
an Oberfläche 12723 mal
an körperlichem Raume 1435025 mal

größer, als die Erde, gefunden. Da der Erddurchmeſſer 1719 geographiſche Meilen ausmacht, ſo findet ſich hieraus der

Digitized by Google

Sonnendurchmeſſer == 193886 ſolcher Meilen. In dem Raume dieſes erſtaunenswürdigen Körpers würden hundert und elf Erdkugeln in gerader Linie Platz haben, und wenn die Erde ſammt der ganzen Mondbahn mitten in denſelben geſtellt wäre, ſo würde doch dieſe Bahn noch bey weitem nicht die äuſſern Grenzen jenes ungeheuren Raumes erreichen, ſondern rings um ſich noch einen Zwiſchenraum für 25 Erdkugeln leer laſſen.

Aus der Verſchiedenheit des ſcheinbaren Sonnendurchmeſſers im Sommer und Winter erhellet, daß die Sonne nicht immer gleich weit von der Erde abſtehe, ſ. Sonnenferne, Sonnennähe. Daher ließen ſchon die Alten die Sonne in einem eccentriſchen Kreiſe um die Erde laufen. Das kopernikaniſche Syſtem nahm die Bahn der Erde um die Sonne für einen ſolchen Kreis an; Kepler aber lehrte zuerſt, daß dieſe Bahn eine Ellipſe ſey, in deren Brennpunkte die Sonne ſtehe. Aus dem Verhältniſſe des gröſten und kleinſten Sonnendurchmeſſers findet man die Eccentricität dieſer Ellipſe, welche ſich zur halben großen Axe faſt, wie 168 : 10000 verhält, ſ. Eccentricität.

Indem die Erde dieſe elliptiſche Bahn in der Zeit eines Sonnenjahres (ſ. Jahr) durchläuft, ſcheint die Sonne am Himmel in eben der Zeit einen gröſten Kreis, der in der Ebne dieſer Bahn liegt, nach eben der Richtung zurückzulegen. Dieſer Kreis iſt die Ekliptik, deren Fläche alſo mit der Ebne der Erdbahn übereinkömmt. Gienge die Erde ſtets mit gleicher Winkelgeſchwindigkeit um die Sonne, ſo würde uns auch der Lauf der Sonne gleichförmig erſcheinen, und ihr Fortrücken würde dieſer mittlern Bewegung nach, täglich 59′ 8″ 3 betragen. Da aber die Erde im Sommer von der Sonne entfernter iſt, und langſamer fortgeht, als im Winter, ſo ſcheint alsdann auch das Fortrücken der Sonne langſamer, und es entſteht hieraus eine beträchtliche Ungleichheit des ſcheinbaren Sonnenlaufs, ſo daß das Fortrücken in der Ekliptik im Sommer täglich nur 57′ im Winter 61′ beträgt. Eine Folge hievon iſt, daß die Sonne in den ſechs obern Zeichen des Thierkreiſes acht Tage länger, als in den ſechs untern verweilet, und daher

Frühling und Sommer zusammen acht Tage länger dauren, als Herbst und Winter.

Die große Axe der Erdbahn behält nicht beständig einerley Lage, sondern dreht sich nach der Ordnung der Zeichen jährlich um 1 Min. 6 Sec. fort, s. Sonnenferne.

Ueberdies wird der Gang der Erde von den übrigen Planeten, besonders vom Monde, der Venus und dem Jupiter gestört, daher es nöthig ist, den nach der Theorie berechneten, oder elliptischen, Ort der Sonne, nach der jedesmaligen Stellung dieser Planeten zu verbessern, s. Perturbationen. Die ältern Sonnentafeln nahmen auf diese Störungen keine Rücksicht, und konnten also mit dem wahren Sonnenlaufe nicht lange übereinstimmen. Genauere Tafeln haben de la Caille (Tabulæ solares, Paris, 1758. 8. und in des P. Hell Append. ad Ephem. Vienn. 1764.) und Mayer geliefert. Die letztern befinden sich in der berliner Sammlung astronomischer Tafeln (1776. gr. 8. I. Band S. 225. u. f.) nach der londner Ausgabe von 1770 erweitert und für den berliner Meridian eingerichtet. Herr Bode (Astr. Jahrbuch für 1792) theilt die Nachricht mit, daß Herr von Zach in Gotha aus Hornsby's Beobachtungen neue Sonnentafeln berechnet habe; auch sollen der bald zu erwartenden neuen Ausgabe der Astronomie des Herrn de la Lande eigne von de Lambre berechnete Sonnentafeln beygefügt werden.

Gegen die überwiegend große Masse der Sonne gravitirt die Erde zugleich mit allen Körpern des Sonnensystems in einem vorzüglich hohen Grade. Diese starke Gravitation ist es, welche als Centripetalkraft alle Planeten und Kometen in ihrem regelmäßigen Laufe erhält, in welchem die übrigen wechselseitigen Schweren nur geringe Störungen hervorbringen können. Durch einen ungefähren Ueberschlag haben wir beym Worte Gravitation (Th. II. S. 533) gefunden, daß diese Schwere gegen die Sonne fast 378000 mal (nach genauern Bestimmungen 365412 mal) größer sey, als die Schwere der Erdkörper bey gleicher Entfernung vom Mittelpunkte, oder, was eben so viel ist, daß ein Körper von 1 Pfund Gewicht mit einer Kraft von

365412 Pfund gegen die Sonne würde gezogen werden, wenn er ihrem Mittelpunkte eben so nahe wäre, als er hier auf der Erdfläche dem Mittelpunkte der Erde iſt. Brächte man nun dieſen Körper auf die Oberfläche der Sonne, ſo wird er vom Mittelpunkte um 112, 79 Erdhalbmeſſer abſtehen, da die Erdkörper nur um 1 Halbmeſſer vom Mittel der Erde entfernt ſind. Seine Gravitation wird alſo im Verhältniſſe des Quadrats von 112, 79, d. i. 12723 mal geringer werden. Alſo gravitiren die Körper auf der Oberfläche der Sonne nur $\frac{3}{1}\frac{6}{2}\frac{5}{7}\frac{4}{2}\frac{1}{1}\frac{2}{2}$ mal, d. i. 28, 72 oder faſt 29 mal ſtärker, als die Erdkörper auf der Oberfläche der Erde. Dem zufolge fallen ſie in der erſten Secunde durch 28, 72 .. × 15, 0957 d. i. faſt durch 434 pariſer Fuß.

Körper auf der Oberfläche der Erde gravitiren gegen die Sonne mit einer Kraft, welche im Verhältniſſe der Quadratzahl von 24266 geringer iſt, als die Gravitation gegen die Sonne in der Entfernung des Erdhalbmeſſers. Dieſe Kraft beträgt nur $\frac{1}{1}\frac{1}{6}\frac{1}{7}\frac{1}{4}$ der Schwere gegen die Erde, und kan alſo nur in großen und leicht beweglichen Maſſen, z. B. beym Meere, merklich werden.

Die Maſſe der Sonne iſt dieſen Angaben zufolge 365412 mal größer, als die Maſſe der Erde. Von dieſer ungeheuren Menge materiellen Stofs machen die Maſſen aller bekannten Planeten und Nebenplaneten zuſammen nicht mehr, als etwa $\frac{1}{7}\frac{1}{0}\frac{1}{0}$ aus, wie man aus der beym Worte **Weltſyſtem** mitgetheilten Tafel, welche die Maſſen der Planeten angiebt, leicht überſchlagen kan. Die Dichte der Sonne aber folgt hieraus $\frac{3}{1}\frac{6}{4}\frac{5}{7}\frac{4}{1}\frac{1}{6}\frac{2}{1}\frac{2}{7}$ d. i. faſt 0, 25 oder 4 mal geringer, als die Dichtigkeit der Erde.

Die Oberfläche dieſer bewundernswürdigen Kugel iſt an ſich ſelbſt leuchtend, ja ſie iſt ſogar die einzige Quelle alles des Lichts, wodurch die übrigen Körper unſers Sonnenſyſtems ſichtbar werden. Nur hin und wieder bemerkt man auf dieſer Fläche unregelmäßige dunkle Flecken, welche entſtehen und wieder vergehen, ſ. **Sonnenflecken**. Die Stralen der Sonne erwärmen die Erdkörper und zünden ſogar, wenn ſie in einen engen Raum vereiniget werden, ſ. **Brennglas, Brennſpiegel**.

Digitized by Google

Hieraus schloß man nun sonst sehr voreilig, die Sonne sey ein Feuer. Kircher (Mundus subterran. Amst. 1678. Tab. I. p. 64.) glaubte sie als ein Meer von Feuer und Flammen, etwa wie fließendes und wallendes Kupfer in einem Schmelzofen, beobachtet zu haben. Seine Abbildung hievon ist von Zahn (Oculus artific. p. 190.) und andern häufig copirt worden. Der Freyherr von Wolf behandlet sogar den Satz, daß die Sonne ein wirkliches Feuer sey, als einen mathematischen Lehrsatz, und beweist ihn dadurch, daß die Sonnenstralen leuchten, wärmen, brennen u. s. w., also alle Kennzeichen des Feuers an sich tragen. Es ist hiebey sehr unbestimmt, was man sich unter dem Namen Feuer vorstelle. Wolfs Schlüße gelten nur, wenn man darunter überhaupt alles versteht, was Licht und Wärme veranlaßet; nimmt man aber Feuer nach dem gemeinen Sprachgebrauche für Flamme oder für einen wirklich brennenden Körper, so hat diese Behauptung bey der Sonne unüberwindliche Schwierigkeiten gegen sich. Ein solches Feuer kan nie ohne Nahrung, ohne wirkliche Zersetzung irgend eines brennbaren Stoffes, und nie ohne Mitwirkung und Verwendung einer dephlogistisirten Luft gedacht werden, s. Verbrennung. Kan man wohl in der Sonne einen solchen Stof, und um sie her eine solche Luft, hinreichend zu einem Brande von vielen Jahrtausenden, annehmen? Die Mittel, die man ausgedacht hat, diesem Brande Nahrung zu verschaffen, z. B. Kometen in die Sonne fallen, oder die Ausdünstungen und das entwichene Phlogiston aus den Planeten nach ihr hingehen zu lassen, sind unwahrscheinlich und unzureichend; auch Wolfs Gedanke, daß sich die ewige Flamme der Sonne nicht zerstreuen könne, weil sie nicht, wie bey uns, in einer specifisch schwerern Luft in die Höhe steige, ist bey den jetzigen Begriffen von Verbrennung nicht mehr befriedigend. Noch eher könnte man den Sonnenkörper blos für glühend halten; aber auch glühende Körper, aus denen sich immerfort Wärmestof entwickeln und verbreiten soll, haben nicht nur ein Medium, das diesen Wärmestof aufnimmt, sondern auch einen beständigen Zugang von neuer äusserer Wärme nöthig.

Digitized by Google

Im Grunde kan man aus den Wirkungen der Sonnenſtralen in die Erdkörper ganz und gar nicht auf die Beſchaffenheit der Sonne ſelbſt ſchließen. Wenn die Sonnenſtralen erwärmen, ſo ſind ſie darum nicht ſelbſt warm. Sie haben blos ein Vermögen, den Wärmeſtof in den Körpern, die ſie antreffen, zu entwickeln. Sie wärmen da gar nicht, wo ſie keinen Wärmeſtof finden, und nur ſehr wenig, wo ſie wenig davon antreffen, z. B. in der dünnern Luft auf den Bergen, und in den höhern Gegenden der Atmoſphäre. So liegt die unmittelbare Urſache der Wärme in den Erdkörpern, nicht in den Sonnenſtralen. Seitdem Herr de Lüc (Syſtem über die Wärme, in ſeinen Briefen über die Geſchichte der Erde und des Menſchen, der deutſchen Ueberſ. II. B. S. 491 u. f. auch in den leipz. Sammlungen zur Phyſik und Naturg. II. B. 6tes St. S. 643 u. f.) dieſe Sätze in ihr gehöriges Licht geſtellt hat, ſteht es ſehr mißlich um die Berechnungen der gewaltigen Erhitzung des Merkurs, der Kometen u. dergl. durch die Stralen der nahen Sonne, und noch ſchlimmer um den ſo oft nachgeſprochenen Satz, daß die Sonne ein wirkliches Feuer ſey.

Andere ſtellen ſich die Sonne als eine elektriſche Kugel vor, die durch ihren ſchnellen Umlauf elektriſches Licht hervorbringe und durch das ganze Sonnenſyſtem verbreite. Dieſe Hypotheſe ſchreibt ſich von einigen franzöſiſchen Schriftſtellern her, welche vor nicht gar langer Zeit die ganze Natur aus Elektricität erklärten. Schmidt (Von den Weltkörpern S. 120 u. f.) erwähnt dabey eines Problems, welches der Profeſſor der Mathematik zu Caen, Herr Adam in einem Briefe an Linguet 1775 als bereits aufgelöſet anführe, nemlich zween oder mehrere Körper ſo zu ordnen, daß ſie durch Elektricität um einander nach den keplerischen Geſetzen umlaufen, wobey der umlaufende Körper einen Lichtſchweif, wie ein Komet, nach ſich ziehe; man hat aber ſeitdem nichts weiter von einem ſolchen Verſuche gehört. Für die Carteſianer, welche Licht und Elektricität beyde aus ſubtiler Materie oder Aether erklären, iſt eine ſolche Hypotheſe ganz brauchbar; auch kommen Eulers Gedanken in ſeinen Briefen an eine deutſche Prinzeſ-

Digitized by Google

ſin ziemlich auf ebendaſſelbe hinaus. Herr Bode (Anleitung zur Kenntniß des geſtirnten Himmels, 5te Aufl. Berlin 1788. S. 598) nennt doch die Meinung, daß die Sonne eine feuerloſe elektriſche Kugel ſey, die neueſte und höchſt wahrſcheinlich richtigere. Bey einer ſolchen Beſchaffenheit der Sonne könnte man ſich auch eher Bewohner derſelben gedenken.

Die Beobachtungen zeigen uns nur die Oberfläche der Sonne. Alſo nur von dieſer wiſſen wir, daß ſie leuchte. Daß das Innere dunkel ſey, iſt möglich, und wird aus der Erſcheinung der Sonnenflecken ſogar wahrſcheinlich. Man hat daher wohl Grund, die Sonne für einen dunkeln Körper zu halten, den blos ein leuchtender Ueberzug umkleidet, worüber ich, um Wiederholungen zu vermeiden, auf den Artikel Sonnenflecken verweiſe. Ob aber nun dieſer Ueberzug aus einem verdichteten Aether, aus Materie des Lichts, aus elektriſcher Materie, oder, wie Peyroux de la Coudroniere (in Lichtenbergs Magazin für das Neuſte aus der Phyſ. u. Naturg. B. I. St. 1. S. 1. u. f.) glaubt, aus brennbarer durch Elektricität entzündeter Luft u. ſ. w. beſtehe, und ob ſich auf der dunklen Kugel unter der leuchtenden Hülle ein Wohnplatz für denkende und empfindende Weſen befinde, iſt aus Beobachtungen, auch nur muthmaßlich, zu beſtimmen unmöglich.

Das beſte iſt alſo wohl, aufrichtig zu geſtehen, daß man von der Beſchaffenheit, dem Stoffe und der Bewohnbarkeit des Sonnenkörpers gar nichts zu ſagen wiſſe. So weiſe verfuhr ſchon Huygens in einem Buche, das doch ganz für Muthmaßungen beſtimmt war (Coſmotheor. p. m. 126). So gewiß er ſich überzeugt hält, daß die Planeten und Monden Bewohner haben, ſo zweifelt er doch daran bey der Sonne „In hoc ipſo Sole non improbabile „quibusdam viſum eſt, animalia vivere poſſe. Sed cum „multo magis etiam, quam in Lunis, *conjectura omnis „hic deficiat*, neſcio, qua ratione id ita eſſe opinati ſint — „Aliud genus viventium animo concipiendum eſſet, longeque ab omni natura eorum, quae unquam vidimus, „aut cogitavimus, diverſum. Quod fere idem eſt, ac ſi

„dicamus, *nihil hic conjectando nos consequi posse.*“ Herr **Bode** ist dennoch geneigt, Sonnenbewohner anzunehmen, weil ihm die großen Einflüße der Sonne auf das Planetensystem, durch Anziehung, Erleuchtung und Erwärmung, doch noch nicht hinreichend scheinen, die ganze Bestimmung eines so ungeheuren Körpers zu erfüllen.

Uebrigens wird die Sonne von den Astronomen mit ⊙ bezeichnet.

Bode kurzgefaßte Erläuterung der Sternkunde ꝛc. Berlin, 1778. 8. Th. I. § 400 u. f. § 463. 476. u. f.

Kästner Anfangsgr. der Astronomie. Göttingen, 1781. 8. an mehrern Stellen.

Sonnenbahn, s. **Ekliptik**.

Sonnenfackeln, s. **Sonnenflecken**.

Sonnenferne, Aphelium, *Aphélie*. Derjenige Punkt einer Planetenbahn, in welchem der Planet von der Sonne am weitsten entfernt ist. Taf. I. Fig. 17. ist es der Punkt A.

Das ptolemäische System, welches die Planeten um die Erde gehen ließ, kannte die Sonnenfernen gar nicht. **Copernikus** seßte dieselben an die Stelle der vormaligen **Erdfernen**; aber erst **Kepler** verschafte von ihnen richtigere Begriffe.

Nach der wichtigen Entdeckung dieses Astronomen laufen alle Planeten um die Sonne in elliptischen Bahnen ADPE, in deren Brennpunkte S die Sonne steht. Die große Axe dieser Ellipsen AP, s. **Apsidenlinie**, schneidet in der Bahn selbst die beyden Punkte A und P ab, s. **Apsiden**, wovon jener die Sonnenferne, dieser die Sonnennähe ist, s. **Sonnennähe**. Bey D und E hingegen, wo SD = SE = AG, ist der Planet in den **mittlern Entfernungen**, **mittlern Abständen** (*distances moyennes*) von der Sonne.

Der Punkt der Sonnenferne ist die Grenze, von welcher man bey Berechnung des Planetenlaufs die Anomalien zu zählen anfängt, s. **Anomalie**. Hier sind also beyde Anomalien, die mittlere sowohl, als die wahre = Null;

Digitized by Google

mithin verschwindet für diese Stelle auch der Unterschied beyder, oder die Gleichung der Bahn. Da sich nach den keplerischen Regeln die Geschwindigkeiten der Planeten an jeder Stelle umgekehrt, wie ihre Abstände von der Sonne, verhalten, so folgt, daß in der Sonnenferne, wo der Abstand am gröſten ist, die Geschwindigkeit am kleinsten, oder der Lauf des Planeten am langsamsten seyn müsse.

Für die Bahn der Erde um die Sonne findet man die Sonnenferne aus Beobachtungen der Stelle, an welcher der Lauf der Sonne am langsamsten und der Durchmesser ihrer Scheibe am kleinsten erscheint. Dies ereignet sich jetzt, wenn die Sonne im 9ten Grade des Krebses gesehen wird, oder am Ende des Monats Junius. Die mayerischen Sonnentafeln geben aus genauen Beobachtungen den Ort der Sonnenferne für das Ende des Jahres 1790 in 9° 22′ 40″ des Krebses an, und setzen sein jährliches Fortrücken nach der Ordnung der Zeichen auf 1 Min. 6 Sec.

Die Sonnenfernen der übrigen Planeten werden aus den Beobachtungen ihres Laufs durch Methoden gefunden, deren Erklärung in die Sternkunde gehört. Man wird sie in der dem Artikel Weltsystem beygefügten Tabelle angegeben finden. Wenn man neuere Beobachtungen derselben mit ältern vergleicht, so findet man, daß ihre Stellen von Zeit zu Zeit fortzurücken scheinen, und daß dieses Fortrücken bey jedem Planeten jährlich etwas weniges über 50 Sec. beträgt. Daher wird es wahrscheinlich, daß sich die Lagen der Axen AA' aller Planetenbahnen in Absicht auf die Fixsterne vorwärts oder nach der Ordnung der Zeichen, wiewohl sehr langsam, fortdrehen.

Blieben diese Axen völlig unbewegt, so müste zwar die Stelle des Punkts A mit den Fixsternen selbst, wegen des Vorrückens der Nachtgleichen jährlich um 50 Sec. fortrücken, s. Vorrücken der Nachtgleichen. Was aber über 50 Sec. hinausgeht, zeigt eine wirkliche Bewegung der Axe oder Apsidenlinie, in Absicht auf die Fixsterne, an. Bey der Axe der Erdbahn z. B. (deren jährliches Fortrücken 1 Min. 6 Sec. beträgt) kommen 50″ vom Vor-

rücken der Nachtgleichen her; die übrigen 16″ scheinen eine wirkliche, wiewohl sehr langsame Bewegung, dieser Axe anzuzeigen.

Die Astronomen haben lange gezweifelt, ob diese kleinen Unterschiede nicht vielleicht von Fehlern der ältern Beobachtungen herrührten. So giebt z. B. Kepler in den rudolphinischen Tafeln die jährliche Bewegung der Sonnenferne des Jupiters nur 47 Sec. an, woraus nach Abzug des Vorrückens der Nachtgleichen ein Rückwärtsgehen der Axe um 3 Sec. folgte, welches neuere Beobachtungen offenbar widerlegen. Herr de la Lande sieht das Fortrücken der Apsidenlinien als eine, vornehmlich durch die Beobachtungen des Mars, unläugbar bestätigte Thatsache an.

Die Lehre von der gegenseitigen Anziehung aller Planeten, s. Perturbationen, giebt auch eine Ursache an, warum die Stellen der Sonnenfernen nach der Ordnung der Zeichen fortrücken müssen. Wenn nemlich der regelmäßige Lauf eines Planeten in der Ellipse ADPE durch andere Weltkörper, die ihn von der Sonne zu entfernen streben, perturbirt wird, so wird er bey jeder Rückkehr nach A Stellen treffen, die ein wenig weiter von S abliegen, als die Stellen zwischen A und M; er wird gleichsam aus seiner vorigen Ellipse in eine neue gezogen werden, deren gröster Abstand von S zwischen A und N liegt, und so muß sich die Sonnenferne langsam von A gegen N, d. i. nach der Ordnung der Zeichen, zu verrücken scheinen. Eine ähnliche Ursache hat das Zurückgehen der Knoten, s. Knoten. Halley rühmt mit Recht in seinem Newtons Principiis vorgesetzten Gedichte den besondern Vorzug des Systems der Gravitation, daß es diese sonst so räthselhaften Phänomene erkläre:

Discimus hinc tandem — —
Cur remeant nodi, *curque auges progrediuntur.*

Uebrigens ist noch der Umstand zu bemerken, daß die Sonnenfernen aller Planeten, von der Sonne aus gesehen, ziemlich auf einerley Seite des Himmels, oder in einerley Helfte der Ekliptik, nemlich vom Zeichen der Jungfrau bis

zu dem der Fiſche fallen. Die Sonnenferne der Erde iſt dem Orte, wo wir die Sonne am kleinſten ſehen, gegenüber, mithin in 9° 22′ ♎, oder auch in dieſer Helfte. Die der Venus zeigt unter allen das ſchnellſte Fortrücken, und war auch wirklich unter den ſonſt bekannten am weiteſten, nemlich bis 9° ♒ voraus. Aber des Uranus Sonnenferne ſcheint noch mehr vorwärts in 17° ♈ zu fallen.

de la Lande aſtronomiſches Handbuch, §. 514. 1056. Käſtner Anfangsgr. der Aſtron. Gött. 1781. 8. § 263.

Sonnenfinſterniße, ſ. Finſterniße.

Sonnenflecken, Maculae ſolares. *Taches du ſoleil.* Man ſieht in der Sonne von Zeit zu Zeit ſchwarze Flecken von unordentlicher Geſtalt, oft einzeln, oft in größerer Anzahl. Ich werde dieſes merkwürdige Phänomen am ordentlichſten abhandeln können, wenn ich zuerſt von der Geſchichte der Entdeckung der Sonnenflecken, dann von den beobachteten Erſcheinungen derſelben und von der daraus geſchloßenen Umdrehung der Sonne um ihre Axe rede, zuletzt aber die vornehmſten Meinungen über die Natur dieſer Flecken beyfüge.

Geſchichte der Entdeckung der Sonnenflecken.

Man findet in einem ungenannten Annaliſten des mittlern Zeitalters (Aſtronomi anonymi Annales Caroli M. in *Jo. Reuberi* Collect. ſcriptorum rer. german. p. 27. ſq.) beym Jahre 807 unter mehrern aſtronomiſchen Beobachtungen auch folgende erzählt: „Et ſtella Mercurii XVI. „Kal. April. viſa eſt in Sole, quaſi *parva macula nigra*, „paulo ſuperius medio centro ejusdem ſideris, quae a no„bis *octo dies* conſpecta eſt. Sed quando primum intra„vit et exivit, nubibus impedientibus, minime notare po„tuimus.“ Da es unmöglich iſt, den Merkur mit bloßen Augen und acht Tage lang in der Sonne zu ſehen, ſo konnte dies wohl nichts anders, als ein großer Sonnenflecken, ſeyn. Kepler (Paralipom. ad Vitell. p. 306.) nahm es dennoch für einen Durchgang des Merkurs, und ändert

octo dies *in octoties*, mit dem Beyſatz: ut ego lego barbare. Mäſtlin aber widerlegte ſchon 1606 dieſen Einfall mit guten Gründen. Vielleicht laſſen ſich auch die Nachrichten des Arabers **Abulfarag**, daß im Jahre 535 die Sonne vierzehn Monate lang eine merkliche Verminderung des Lichts erlitten habe, und daß im Jahr 626 die ganze Helfte der Sonnenſcheibe vom October bis zum Junius verdunkelt geblieben ſey, aus großen und häufigen Sonnenflecken erklären.

Kepler glaubte am 28ſten May 1607 ebenfalls den Merkur in der Sonne geſehen zu haben (Außführlicher Bericht von dem newlich 1607 erſchienenen Haarſtern. Hall in Sachſen, 1608. 4. ingl. Phaenomenon ſingulare ſ. Mercurius in Sole. Lipſ. 1609. 4.). Als er aber hernach von den Sonnenflecken Nachricht erhielt, und fand, Merkur könne damals nicht in der Sonne geweſen ſeyn, bekannte er ſelbſt, er habe geirret, und gab auch wegen der Stelle des Annaliſten ſeinem Lehrer Mäſtlin Recht. **Kepler** hat alſo unter den Neuern zuerſt einen Sonnenflecken geſehen, ohne ihn jedoch für das, was er war, zu erkennen. Er war nicht gleichgültig gegen dieſe Ehre, wie die von **Hanſch** (Vita Kepleri in Epiſtolis ad Kepl. ſcriptis. Lipſ. 1718. fol. p. XXI.) aus der Vorrede ſeiner Ephemeriden von 1616 angeführte Stelle zeigt. Hier ſchreibt er unter andern: „Felix hoc ipſo, quod primus hoc ſeculo „macularum obſervator,“ und vergleicht ſich mit dem **Marius**, der die Jupitersmonden auch zuerſt geſehen habe, ohne ſie zu kennen. Uebrigens war Keplers Beobachtung an einem im verfinſterten Zimmer aufgefangenen Sonnenbilde mit bloßen Augen gemacht.

Bald nach Erfindung des Fernrohrs erblickten mehrere Beobachter die Sonnenflecken faſt zu gleicher Zeit. **Johann Fabricius**, deſſen Vater, **David**, Prediger zu Oſtell in Oſtfriesland, und ſelbſt Beobachter war, brachte von einer Reiſe durch Holland ein Fernrohr mit, durch welches er, nebſt ſeinem Vater, die Sonne mit bloßen Augen betrachtete, ohne weitere Vorbereitung, als daß ſie dieſelbe anfänglich an den Rand des Geſichtsfeldes, und von da

Digitized by Google

erſt nach und nach in die Mitte führten. Dadurch entdeckte der Sohn Flecken, und ſchloß aus ihrer Bewegung ſogleich die Umdrehung der Sonne um ihre Axe. Es iſt zu bedauren, daß er den Tag der erſten Beobachtung nicht angiebt; ſeine Schrift aber, die er im Junius 1611 zu Wittenberg drucken ließ, iſt unter allen, die von dieſem Gegenſtande handlen, unbezweifelt die erſte. (*Jo. Fabricii* Phryſii de maculis in Sole obſervatis, et apparente earum cum Sole converſione narratio. Witeb. 1611. 5½ plag. 4.). Auch geſteht ihm Kepler in der Vorrede der Ephemeriden von 1616 den Ruhm der erſten Entdeckung entſcheidend zu. Fabricius erwähnt in ſeiner Schrift, daß er noch vor ſeiner Reiſe nach Wittenberg allein einen groſſen Sonnenflecken entdeckt, ſeinen Vater dazu gerufen, und ſich ſeit dem Anfange des Jahres 1611 die Umwälzungen der Flecken angemerkt habe, daher man die Zeit der Entdeckung gegen das Ende des Jahres 1610 zu ſetzen hat.

Im März 1611 wurden dieſe Flecken zu Ingolſtadt von dem daſigen Profeſſor der Mathematik, dem Jeſuiten Chriſtoph Scheiner, wahrgenommen, welcher die Sonne, wenn ſie hinter dünnen Wolken ſtand, durch ein Fernrohr beobachtete. Er zeigte dieſe Erſcheinung ſeinem Collegen dem P. Cyſatus am 21 März und bediente ſich in der Folge blauer Gläſer, um den Glanz der Sonne zu ſchwächen, bis er endlich die im Artikel Helioſkop beſchriebene Vorrichtung erfand. Dieſe ſetzte ihn in Stand, die Erſcheinung mehreren ſeiner Ordensbrüder zu zeigen, ſo daß ſich der Ruf davon bald verbreitete. Weil man aber die Sonne nach der damaligen ariſtoteliſchen Phyſik für den vollkommenſten Körper und das reinſte Feuer hielt, ſo wollte der Provincial des Ordens Theodor Buſäus die Entdeckung von Flecken in derſelben nicht ohne Behutſamkeit bekannt machen laſſen. Scheiner ſchickte daher die Nachricht von ſeinen erſten Beobachtungen an den gelehrten Patricier in Augſpurg Markus Welſer, der ſie ohne Mitwirkung des Verfaſſers drucken ließ (Tres epiſtolæ de maculis ſolaribus ſcriptæ ad *Marc. Velſerum*, cum obſervationum iconiſmis. Aug. Vindel. 1612. 2 plag. 4.).

Digitized by Google

Dieſe Briefe ſind vom 12 Nov., 19 und 26 Dec. 1611; im letzten unterzeichnet ſich Scheiner: Apelles latens poſt tabulam. Darauf folgte eine Fortſetzung der Beobachtungen (De maculis ſolaribus et ſtellis circa Jovem errantibus accuratior disquiſitio ad *Marc. Velſerum* perſcripta. Aug. Vind. 1612. 4. 52 S. mit 12 Kupf.), wo der dritte vom 25 Jul. 1612 datirte Brief mit: Apelles latens poſt tabulam, vel ſi mavis, Vlyſſes ſub Ajacis clypeo unterzeichnet iſt. Als Scheiner nachher nach Rom berufen ward, ſetzte er daſelbſt ſeine Beobachtungen mit bewundernswürdigem Fleiße fort, und beſchrieb ſie nebſt den Folgerungen daraus in einem großen und ſchätzbaren Werke (Roſa Vrſina, ſ. Sol ex admirando facular, & macular. ſuar. Phænomeno varius, nec non ſuper polos proprios mobilis, a *Chr. Scheinero*, Germ. Suevo e S. J. Bracciani 1630. fol.), welches über 2000 Beobachtungen abbildet, und von den Aſtronomen mit ausgezeichnetem Beyfall aufgenommen ward (*Scheinerus* meliorum obſervationum deſperatione et ſe et ſolem ipſum vicit. *Ricciol.* in Almag. novo.)

Auch Galilei machte Anſprüche darauf, die Sonnenflecken geſehen zu haben, ehe ihm Scheiners Entdeckung bekannt geworden ſey. Welſer hatte die Briefe des Apelles am 6 Jan. 1612 von Augſpurg an ihn geſendet. Er machte einige Erinnerungen darüber (Iſtoria e dimoſtrationi intorno alle macchie ſolari dal Sign. *Galileo Galilei*, in Roma, 1613. 4. und in den Opere di Galileo, Bologn. 1655. Vol. II.), und behauptete, Scheiner habe von ſeinen ältern Beobachtungen zuerſt Nachricht gehabt, wogegen ſich aber dieſer in der Vorrede zur Roſa Vrſina ſehr gründlich vertheidiget hat.

Erſcheinungen der Sonnenflecken.

Man beobachtete ehedem die Sonne durch Dünſte am Horizonte, oder durch dünne Wolken; Fabricius ſahe ſogar durchs Fernrohr ohne alle Vorbereitung hinein, mit Gefahr ſeiner Augen. Alles dies iſt weder ſicher, noch bequem genug. Sonnenbilder, im verfinſterten Zimmer

Digitized by Google

aufgefangen, deren sich Kepler bediente, fallen ohne weitere Veranstaltung entweder zu klein, oder zu matt aus. Scheiner verbesserte nachher dieses Verfahren, indem er das Sonnenbild beobachtete, wie es sich auf einer Ebne hinter dem Fernrohre darstellt, s. Helioskop. Nach dieser Methode sind von ihm und nachher von Hevel (Selenograph. Append. p. 500. sq.) Beobachtungen und Abbildungen von Sonnenflecken in großer Anzahl gemacht worden. Jetzt betrachtet man doch lieber die Sonne selbst durch Fernröhre, und schwächt ihr Licht mit Gläsern, die entweder durch den Rauch einer Lampe oder Kerze geschwärzt, oder sonst stark gefärbt sind. Es ist dazu genug, das Augenglas eines Fernrohrs über der Lampe so lang anlaufen zu lassen, bis es ganz schwarz und für gewöhnliche Gegenstände undurchsichtig wird; alsdann zeigt sich die Sonnenscheibe dadurch mit einer dunkelrothen Farbe dem Auge ganz unschädlich. Insgemein sind die astronomischen Fernröhre mit besondern stark gefärbten Plangläsern versehen, die man vor das Augenglas vorschraubt, wenn man die Sonne beobachten will. Auf diese Art läst sich der Stand der Flecken in der Sonnenscheibe durch Mikrometer oder astronomische Netze sehr genau bestimmen. Die gefärbten Gläser hat Scheiner schon gebraucht, und dem damit versehenen Fernrohre damals den Namen des Helioskops gegeben (s. *Weidler* Progr. Helioscopia emendata et illustrata. Viteb. 1734. 4.)

Die meisten Sonnenflecken erscheinen in der Mitte schwarz, am Rande mit einem bräunlichen oder weißgrauen Nebel umgeben. Diesen Nebel (atmosphaera) vergleicht Hevel (Proleg. Selenogr. pag. 84.) mit dem Flecken, welchen der Hauch aus dem Munde auf einem Spiegelglase macht und sagt, bisweilen erscheine er auch gelbgrau (instar halonis). Oft erscheinen solche Nebel oder Schattenflecken (umbræ) ganz allein, ohne schwarzen Kern, und breiten sich zuweilen in sehr große Flächen aus. Hevel sahe einen solchen im Julius 1643 (Selenogr. App. p. 506.), der fast den dritten Theil des Sonnendurchmessers einnahm.

Digitized by Google

Aus ſolchen Schattenflecken entſtehen in der Folge einzelne dunkle Flecken, wie Hevel im Auguſt 1643 wahrnahm.

Sonnenfackeln (Faculæ ſolares), oder Stellen, welche heller ausſehen, als das übrige Sonnenlicht, werden ſchon von Scheiner, vorzüglich aber von Hevel (Proleg. Selenogr. p. 87.) erwähnt. Huygens (Coſmotheor. L. II. p. 126.) hat keine ſehen können. Caſſini (Elemens d'Aſtron. p. 403.) erwähnt Tüpfelchen, welche heller, als der übrige Theil der Sonne, ausſehen; de la Lande aber hält ſie doch nur für den hellen Grund, der durch die Zwiſchenräume der Flecken und Schatten hervorleuchte. Herr Käſtner (Hamb. Magaz. VII. B. Leipz. 1751. 8. S. 399.) bemerkte, nebſt andern, Stellen auf der Sonne, wo das Licht ihm weiſſer, aber nicht ſo lebhaft, als das übrige, ausſahe, etwa wie Eſſigflecken auf einer polirten Metallſcheibe. Endlich iſt durch Herrn Oberamtmann Schröter (ſ. Bode aſtronomiſches Jahrbuch für 1792.) das Daſeyn dieſer Lichtflecken auſſer Zweifel geſetzt. Er findet durch ſeine vortreflichen Herſchelischen Teleſkope die Sonne niemals ohne Lichtadern und Striemen, welche heller, als das übrige, ausſehen. Eine Gattung derſelben zeigt ſich zwiſchen und auf den dunkeln Flecken und ihren Nebeln, und iſt ſehr veränderlich; eine andere beſteht aus einzelnen Lichtflecken auf der reinen Sonnenſcheibe, welche nicht ſcharf begrenzt, von irregulärer Geſtalt, höchſtens 6 – 8 Sec. im Durchmeſſer, ſind, gewöhnlich in Gruppen bey einander liegen, und wie Landſchaften voll Berge und Thäler, oder wie ein fleckenweis mit Wolken belegter Himmel erſcheinen.

Die Sonnenflecken ſind äuſſerſt veränderlich. Scheiner ſahe ſie ihre Geſtalt ändern, wachſen, abnehmen, ſich in Nebel oder Schatten verwandlen und ganz verſchwinden; de la Hire (Mém. de Paris 1702 p. 137.) ſahe einen, der ſich in mehrere zertheilte. Einige, die verſchwunden waren, ſchienen in der Folge auf eben der Stelle wiederzukommen; doch hat man keinen geſehen, deſſen Erſcheinung über 70 Tage gedauert hätte (*Caſſini* Elem. d'Aſtr. p. 81).

Ihre Menge iſt eben ſo abwechſelnd. Um das Jahr 1611, da ſie zuerſt entdeckt wurden, fand man faſt nie-

Digitized by Google

mals die Sonne ohne Flecken; Scheiner hat deren einmal 50 gezählt. Bald darnach wurden sie seltner, und von 1650 – 1670 hat man kaum einen oder zween beobachtet. Von 1695 – 1700 sahe man gar keine; dann wurden sie wieder häufiger bis 1710, wo man bis 1713 nur wenige sahe; seitdem aber hat man fast immer einige wahrgenommen; Herr de la Lande erinnert sich nicht, von 1749 an jemals die Sonne beobachtet zu haben, ohne Flecken auf ihr zu finden. Am 23 Sept. 1785 fand Herr Hofastronom König in Mannheim 38 dunkelschwarze Flecken von verschiedener Größe in der Sonne, welche, wenn sie in eine Masse vereinigt vor derselben gestanden hätten, eine $4\frac{1}{2}$ Zoll große Sonnenfinsterniß hätten verursachen können. Auch Herr Schröter erwähnt Fleckensammlungen aus einer Menge dunkler Kern- und Nebenflecken, die bisweilen einen sechszehn mal größern Flächenraum, als den unserer Erde, einnehmen.

Alle Sonnenflecken scheinen, so lang sie sichtbar sind, ziemlich parallel mit einander von Osten nach Westen durch die Sonnenscheibe fortzurücken. Wenn ein Flecken lang genug dazu dauert, bringt er ohngefähr 12 – 13 Tage zu ehe er durch die ganze Sonnenscheibe hindurchkömmt: dann sieht man ihn 14 – 15 Tage lang nicht, und nun kömmt er wieder am östlichen Rande da zum Vorschein, wo man ihn vor 27 Tagen sahe. Diese Bewegung, welche allen Sonnenflecken gemein ist, scheint gegen die Ordnung der Zeichen zu gehen, s. Folge der Zeichen, und die Zeit, binnen welcher jeder Flecken wieder an die vorige Stelle zurückkömmt, wird von Cassini (Elemens d' Astr. L. II. ch. 1. probl. 5.) aus sehr vielen Beobachtungen auf 27 Tage, 12 St. 20 Min. gesetzt.

Um den Anfang des Junius, wenn die Sonne im 10° ♊ steht, beschreiben die Sonnenflecken gerade Linien, welche von Norden nach Süden hinabgehen, und mit der Ekliptik Winkel von $7\frac{1}{2}°$ machen. In den folgenden Monaten fangen sich diese Bahnen an zu krümmen, und bilden Ellipsen, deren große Axe immer mehr der Ekliptik parallel

Digitized by Google

wird, und deren Hölung sich aufwärts, oder gegen Norden kehret. Zu Anfang des Septembers, wenn die Sonne in 10° ♍ steht, haben diese Ellipsen die gröste Eröfnung; alsdann ist ihre große Axe der Ekliptik parallel, und verhält sich zur kleinen Axe, wie 100: 13. Von dieser Zeit an wird die Krümmung der Bahnen wieder geringer, und ihre große Axe hebt sich gegen die Ekliptik aufwärts, so daß um den Anfang des Decembers im 10° ♐ die Flecken in geraden Linien von Süden nach Norden hinauf gehen, und die Ekliptik wieder unter Winkeln von 7½° schneiden. Hierauf krümmen sich diese Bahnen aufs neue in Ellipsen, die aber nun die hohle Seite unterwärts oder gegen Süden kehren, bis sie zu Anfang des März im 10° ♈ die gröste Eröfnung bekommen, wobey die große Axe wiederum der Ekliptik parallel, und gegen die kleinere im Verhältniße 100 zu 13 ist. Nach dieser Zeit nimmt die Krümmung wieder ab, die Richtung der Bahnen neigt sich gegen die Ekliptik, und erlangt mit dem Anfang des Junius aufs neue die zuerst beschriebene Beschaffenheit. Taf. XXII. Fig. 6. zeigt diese scheinbaren Bahnen der Sonnenflecken in den vier vornehmsten Standpunkten so, daß EL die Ekliptik ist, die Flecken aber bey A ein- und bey B austreten.

Umwälzung der Sonne um ihre Axe. Sonnenäquator.

Aus den erzählten Bewegungen der Sonnenflecken folgerten schon die ältesten Beobachter derselben, **Fabricius** und **Scheiner**, eine Umwälzung der Sonne um ihre Axe. Nimmt man nemlich an, die Flecken befänden sich auf der Fläche der Sonnenkugel selbst, so folgt diese Umwälzung aus den Erscheinungen unwidersprechlich. Nun könnte man zwar die Flecken für besondere Körper halten, die mit eignen Bewegungen so um die Sonne giengen, wie etwa unser Mond um die Erde. Aber von der großen Menge veränderlicher Flecken, an denen allen man doch seit 180 Jahren diese übereinstimmende Bewegung ohne Ausnahme

Digitized by Google

wahrgenommen hat, läßt sich dieses schwerlich denken; mithin kan keine andere Vorstellung angenommen werden, als daß die Sonne selbst sich drehe, und die Flecken mit sich herumführe.

Die Umstände dieser Umdrehung sind von den neuern Astronomen durch genauere Beobachtungen bestimmt worden. Methoden hiezu lehren Hausen (Theoria motus Solis circa proprium axem. Lipſ. 1726. 4.) de l'Isle (Mém. pour servir à l'hiſt. et aux progrès de l'aſtr. à St. Petersb. 1738 p. 138. 4. ſqq.), Caſſini (Elem. d'Aſtr. L. II. ch. 1.) durch Zeichnung; Formeln zur Berechnung geben Käſtner (Nov. Comment. Gotting. To. I. 1770. p. 110.) de Silvabelle (Mém. preſentés à l'Acad. des ſc. To. IV.), und Joh. Alb. Euler (Nov. Comm. Petrop. To. XII. p. 273.), letzterer in der Vorausſetzung, daß die Flecken ein wenig von der Sonne abſtehen. Es wäre zu wünſchen, daß dieſe Methoden mehr auf Beobachtungen angewendet würden, um die Umſtände der Umdrehung, die man insgemein nach Caſſini angiebt, genauer zu beſtimmen. Wichtige Aufſätze dieſer Art hat man von de la Lande (Mém. de Paris 1777. p. 457.). und P. Firlmillner (in den berl. Ephemeriden für 1780. Samml. S. 188.)

Obgleich die Flecken, aus der Erde geſehen, gegen die Ordnung der Zeichen gehen, ſo iſt doch klar, daß ſie aus dem Mittelpunkte der Sonne geſehen, dieſer Ordnung folgen müſſen. Alſo erfolgt die Umwälzung um die Axe in der That nach der Folge der Zeichen, oder nach eben der Richtung, nach welcher die Planeten um die Sonne laufen, ſ. Folge der Zeichen.

Die Zeit, binnen welcher ein Flecken, der lange genug dauert, zu ſeiner vorigen Stelle wiederkehrt, ſey = t, die Zeit des Sonnenjahrs = T. Taf. XXII. Fig. 7 ſey in C die Sonne, in T die Erde, welche einen Flecken m gerade vor dem Mittelpunkte der Sonne C ſieht. Indem ſich die Sonne einmal umwälzt, und den Flecken nach m zurückbringt, geht die Erde in ihrer Bahn nach eben der Richtung von T gegen V fort, und der Flecken ſcheint ihr erſt alsdann wieder vor der Mitte der Sonne C zu ſtehen,

Digitized by Google

wenn er über eine völlige Umdrehung von m bis m, noch das Stück mn zurückgelegt hat. Dieſes mn verhält ſich zum ganzen Umkreiſe wie TV zu ſeinem ganzen Umkreiſe, d. i., (weil man hier die Bewegung von T gleichförmig annehmen kan) wie t : T, oder wie $\frac{t}{T}$: 1. In der Zeit t iſt alſo die Umwälzung $1 + \frac{t}{T}$ mal zurückgelegt worden; daher wird die Zeit der einfachen Umwälzung von m bis m = t dividirt durch $1 + \frac{t}{T}$, oder $= \frac{Tt}{T+t}$. Dies giebt, wenn man mit Caſſini t = 27 Tage 20 Min. ſetzt, die Umdrehungszeit der Sonne = 25 Tage 14 St. 8 Min. Nach genauern Beſtimmungen geben de la Lande 25 T. 10 St., Fixlmillner 25 T. 13 St. 27 – 44 Min.; Herr Oberamtmann Schröter (in Bode aſtr. Jahrb. für 1792) zeigt, daß ſich viele Schwierigkeiten finden, dieſe Periode bis auf kleine Zeitmomente genau zu beſtimmen.

Die Taf. XXII. Fig. 6. vorgeſtellten Erſcheinungen geben zu erkennen, daß ſich die Sonne um ihre Axe ſo umdrehe, wie es Fig. 8. abbildet. Hier iſt die Kugel pasq die Sonne; der perſpectiviſch abgebildete Kreis, in welchem die Punkte 10° ♈, ♌, ♎, ♒ bezeichnet ſind, ſtellt die Ekliptik, oder jährliche Bahn der Erde vor. Die Sonne drehet ſich nach der Richtung a q um die Axe PS, welche mit der Ebne der Ekliptik den Winkel Pcl von 82½ Grad macht. Dieſe Sonnenaxe neigt ſich gegen die Punkte 10° ♌ und 10° ♒, und beſtimmt auf der Fläche der Sonne den nordlichen Pol p und den ſüdlichen s. Der gröſte Kreis aq iſt der Sonnenäquator, deſſen Ebne die Ekliptik el unter dem Winkel ace von 7½ Grad ſchneidet; die Durchſchnittspunkte beyder Ebnen fallen in die gerade Linie, welche von 10° ♈ bis 10° ♎ geht, welche Punkte gleichſam die Knoten des Sonnenäquators vorſtellen. Alle Flecken bewegen ſich bey dieſer Umdrehung in Kreiſen, welche mit aq parallel laufen.

Digitized by Google

Hieraus werden nun die Fig. 6. abgebildeten Erscheinungen ihrer Bahnen leicht begreiflich. Wenn die Erde um den 1 Jun. in 10° ♑ steht, und also die Sonne gegen über im 10° ♋ sieht, so befindet sie sich im Knoten des Sonnenäquators; sie betrachtet also diesen Kreis aq aus seiner Ebne selbst, mithin erscheint ihr derselbe, so wie alle mit ihm parallele Bahnen, geradlinigt. Diese geraden Linien gehen von a nach q, d. i. von oben herabwärts, und machen mit der Ekliptik Winkel von $7\frac{1}{2}^{\circ}$ = ace. Zu dieser Zeit stehen die Pole der Sonne p und s, beyde im Rande der sichtbaren Sonnenscheibe. Nach einem Vierteljahre kömmt die Erdkugel nach 10° ♈ und sieht die Sonne gegen über im 10° ♎. Hier wird der Kreis aq aus einem Punkte betrachtet, der ausser seiner Ebne liegt; er muß also, wie eine Ellipse, erscheinen, deren sichtbare Helfte oberwärts hohl ist. Die halbe große Axe dieser Ellipse ist dem Halbmesser der Sonne, die halbe kleine Axe der Linie qr gleich, daher sich beyde Axen, wie cq : qr, d. i. wie sin. tot : sin $7\frac{1}{2}^{\circ}$ oder fast, wie 100 : 13 verhalten müssen. In dieser Stellung der Erde ist blos der Nordpol der Sonne p sichtbar, der Südpol s befindet sich in der von der Erde abgewendeten Helfte.

Die Erscheinungen im Anfange des Decembers und März aus 10° ♋ und 10° ♎ sind den beyden vorigen ähnlich, nur in Absicht auf die Lage entgegengesetzt, so daß im December die geradlinigten Bahnen von q nach a, d. i. von Süden nach Norden aufwärts gehen, und im März die Ellipsen ihre hohle Seite unterwärts kehren. So werden auch die Erscheinungen in den Zwischenzeiten vollkommen begreiflich. Diese vollständigen Erklärungen lassen über die Umwälzung der Sonne nicht den mindesten Zweifel zurück.

De la Lande setzt aus Vergleichung mehrerer Beobachtungen die Knoten des Sonnenäquators nicht in den 10ten, sondern in den 18ten Grad der Zwillinge und des Schützen, und giebt den Winkel ace oder die Neigung des Sonnenäquators gegen die Ekliptik 7° 20′ an.

Digitized by Google

Kepler (Aſtronomia nova, tradita Comment. de motibus ſtellae Martis, Pragae, 1609. fol. in Introduct.) hatte ſchon vor Entdeckung der Sonnenflecken an eine Umwälzung der Sonne um ihre Axe gedacht, mittelſt welcher ſie die Planeten um ſich führen könnte. Descartes benützt dieſe Umwälzung, um den Wirbel in Bewegung zu ſetzen, der alle Planeten um die Sonne führt, wobey es ein günſtiger Umſtand iſt, daß Umwälzung der Sonne und Bewegung der Planeten beyde nach einerley Richtung, nemlich nach der Ordnung der Zeichen, gehen. Aber nach Newtons Mechanik des Himmels beſteht die Umdrehung der Sonne ganz für ſich, ohne einigen Einfluß auf die Umläufe der übrigen Weltkörper zu haben.

Dennoch bleibt der Sonnenäquator allemal in unſerm Sonnenſyſtem die einzige Ebne in ihrer Art — eine Ebne, deren Lage ganz allein durch die Umdrehung des Hauptkörpers beſtimmt wird, von allen Beziehungen auf andere Körper frey, und ſo viel wir wiſſen, unveränderlich iſt, welches man weder von der Ekliptik, noch von irgend einer andern Ebne im Weltſyſtem ſagen kan. Daher hat Caſſini vorgeſchlagen (Mém. de Paris 1734. p. 146.), die Stellungen der Planeten lieber auf den Sonnenäquator, als auf die Erdbahn, zu beziehen. Dieſem an ſich ſchicklichen Vorſchlage ſteht aber das entgegen, daß die Beſtimmung der Lage des Sonnenäquators ſelbſt allzufeine Beobachtungen erfordert, und daher immer ſchwer und unſicher bleibt.

Meinungen über die Natur der Sonnenflecken.

Bey Unterſuchung der Natur der Sonnenflecken kömmt es zuerſt in Frage, ob ſie wohl auf der Fläche der Sonne ſelbſt liegen, oder ob ſie über dieſe Fläche erhaben ſind und frey ſchweben. Die Erſcheinungen enthalten nichts, was uns nöthigte, das letztere anzunehmen. Man bemerkt an ihnen keine Parallaxe gegen die Sonne, und der Umſtand, daß ſie etwas länger unſichtbar, als ſichtbar, ſind, erklärt ſich leicht daraus, daß ſie, wegen der Wendung und Ver-

Digitized by Google

kürzung der Fläche, am Rande der Sonnenkugel nicht gesehen werden können. Zwar hat Wolfgang Kraft (Comment. Acad. Petrop. To. VII. ingl. in Diſſ. I. de Atmoſphaera Solis. Tubing. 1746. Diſſ. II. 1747. 4.) aus dieſem Umſtande ihren Abſtand von der Sonne folgern und beſtimmen wollen, aber dabey die Bewegung der Erde in Betrachtung zu ziehen vergeſſen. Da die Flecken am Rande der Sonne äuſſerſt ſchmal, als dünne Striche erſcheinen, gegen die Mitte aber weit breiter und runder werden, ſo kan man hieraus mit de la Lande ſchlieſſen, daß ſie auf die Oberfläche der Sonne ſelbſt haften. Wären ſie über dieſelbe, als freyſchwebende beſondere Körper, erhaben, ſo müſten ſie uns am Rande einen eben ſo groſſen Theil der Sonne, als in der Mitte, verdecken.

Bald nach der erſten Entdeckung hielten viele die Sonnenflecken für eigne um die Sonne laufende Planeten. Johann Tarde (Borbonia ſidera, falſo maculae Solis nuncupata, Pariſ. 1620. 4.) und ein Niederländer (*Malapertii* Sidera Auſtriaca perihelíaca. Duaci 1627. 4.) gaben dieſen vermeinten Planeten eigne Namen. Selbſt Otto von Guericke (Exp. nova de ſpatio vacuo. L. I. c. 13. p. 21.) läſt die Flecken als Planeten um die Sonne laufen. Aber dieſe Meinung widerlegt ſich durch den Mangel des Abſtands von der Sonne und durch ihre Vergänglichkeit.

Galilei, der dem Syſteme der Unvergänglichkeit der Himmel nicht geneigt war, hielt ſie für eine Art von Rauch und Wolken, oder auch für Schaum auf dem groſſen Meere von feiner flüſſiger Sonnenmaterie. Auch Hevel (Selenogr. p. 83.) iſt dieſer Meinung, und Herr von Wolf, der die Himmelskörper nach lauter von der Erde abſtrahirten Begriffen beurtheilt, erklärt die Sonnenflecken ganz entſcheidend für Wolken oder Sammlungen der aus dem Sonnenkörper aufgeſtiegnen Dünſte. Dieſe Erklärung möchte wenigſtens einen andern Begriff von Wolken, als den gewöhnlichen, vorausſetzen. Sammlungen lockerer Dünſte könnten doch das dort ſo dichte Sonnenlicht nicht ſo ſtark aufhalten, daß ſie ſich als ganz ſchwarze Kerne zeigten.

Digitized by Google

Nach unſern Begriffen zu urtheilen, möchte auch die Heftigkeit der Hitze Wolken, wie die unſrigen ſind, keine ſo lange Dauer geſtatten; auch könnte ihre Bewegung nicht ſo regelmäßig ſeyn, als wir ſie bey den Flecken wahrnehmen.

Diejenigen, welche die Sonne für ein brauſendes Feuermeer hielten, wie **Scheiner**, **Kircher** u. a. haben nicht verabſäumt, die Flecken als Rauch- und Dampfwolken, und die Fackeln als Oefnungen der heftiger brennenden Feuerſchlünde darzuſtellen, ſ. **Sonne**. Sie bilden dies ſo ab, als ob ſie es mit Augen geſehen hätten. Aber dieſes Bild der Sonne iſt ſo ungereimt, daß es ſelbſt von **Wolfen** für erdichtet gehalten wird.

Andere hielten die Sonnenflecken für Ausdünſtungen der Planeten, welche in die Sonne fielen, um ihren Brand zu nähren. So hat ſie **Wiedeburg** (Neue Muthmaßungen über die Sonnenflecken ꝛc. Gotha 1776. 4.) für Körper erklärt, die ſich in die Sonne ſtürzen, um zu Kometen und endlich zu Planeten oder Monden gebildet zu werden. Gegen dieſes ſchon ziemlich alte Generationsſyſtem der Weltkörper hat bereits **Lambert** in ſeinen kosmologiſchen Briefen das nöthige erinnert.

In der Folge, da man mehr überzeugt ward, daß die Flecken auf der Oberfläche der Sonne ſelbſt lägen, änderten ſich auch die Meinungen über ihre Natur. De la **Hire** (Mém. de Paris. 1700. 1702.) hielt ſie für Hervorragungen einer dichten, dunkeln und unförmlichen Maſſe, die in der flüßigen leuchtenden Materie der Sonne ſchwimme, und ſich manchmal in dieſelbe ganz eintauche. Dieſe ſchwimmende dunkle Maſſe müſte bisweilen zergehen und ſich in mehrere Stücken zertheilen, bisweilen ſich auch in wenigere Stücken vereinigen. Ueberdies müſten ſolche frey ſchwimmende Maſſen öfters ihren Ort gegen einander ändern, welches man doch an den Flecken nie wahrnimmt. **Hauſen** (Theoria motus ſolis &c.) muthmaßte, es könnten Stücke aus dem Innern der Sonne, das nicht glühe, auf die Oberfläche geworfen werden, durch eine Gewalt, wie bey uns die Vulkane darſtellen. Aber dieſer Meinung ſtehen alle die Schwierigkeiten entgegen, die es

überhaupt verbieten, die Sonne für brennend oder glühend anzunehmen.

Herr de la Lande glaubt, die Beständigkeit des Orts der Flecken in der Sonne nöthige schlechterdings, sie für Massen zu halten, die am Sonnenkörper fest sind. Dies hat auch schon de la Hire für möglich gehalten, und seine vorhin erwähnte Hypothese dahin modificirt, daß die dunkeln Massen wirkliche Hervorragungen des Sonnenkörpers seyn könnten, die sich wie Klippen über das leuchtende Fluidum auf der Oberfläche erhöben, die Nebel aber seichte Stellen, die das leuchtende Fluidum wenig bedeckte, und die gleichsam Sandbänke um diese Klippen bildeten. Dieser Muthmaßung giebt de la Lande vielen Beyfall.

Hievon weicht auch dasjenige nur wenig ab, was Hr. Bode (Beschäftigungen der berliner Ges. naturforschender Freunde, II. B. Berlin, 1766. gr. 8. S. 225 u. f.) vorgetragen und in hohem Grade wahrscheinlich gemacht hat. Nach der Meinung dieses mit Recht beliebten Schriftstellers ist die Sonne ein dunkler Körper, wie unsere Erde, der aus Land und Wasser besteht, Berge und Thäler auf seiner Oberfläche hat, und um den sich eine Atmosphäre verbreitet. Auf diesen Körper hat der Schöpfer die Lichtmaterie zusammengebracht, welche um selbigen, wie die Luft um unsern Erdball, strömet. Diese Photosphäre zieht sich zuweilen auf der Sonne hie und da zurück, und läßt uns alsdann durch die in ihr entstehenden Oefnungen Theile von der dunkeln Oberfläche der Sonne selbst sehen. Sind diese entblößten Stellen der Sonne so beschaffen, daß sie nur wenig Licht zurückwerfen, wie z. B. ein Meer, ein schattigtes Thal, eine tiefe Grube, so erscheint uns ein mehr oder minder schwärzlicher Sonnenfleck; sind es solche, die mehr Licht zurücksenden, z. B. sandiges Erdreich, so sehen wir einen weißlichen Fleck oder eine Sonnenfackel. Die Nebel sind entweder wirklich hellere Theile auf der Sonnenfläche, die den dunkeln Fleck in der Mitte, der vielleicht eine tiefe Grube ist, umschließen, oder sie rühren davon her, daß der Lichtüberzug um die Ränder der Oefnung herum sehr dünn ist, und die dunkle Fläche durchschimmern

Digitized by Google

läſt. Hiedurch erklärt Herr **Bode** die meiſten Erſcheinungen und Veränderungen der Sonnenflecken ſehr wahrſcheinlich und ungezwungen.

Alexander Wilſon (On the ſolar ſpots in den Philoſ. Trans. Vol. LXIV. P. I. p. 1.) giebt nach ſchön gezeichneten Beobachtungen die Sonnenflecken für koniſche Gruben in der Sonnenfläche, und die Nebel für den Abhang um den obern Theil der Grube aus. Nach ſeinen Beobachtungen zeigen die Flecken, wenn ſie nahe an den Sonnenrand kommen, an der äußern Seite eine Dunkelheit, die ſich allmählich in Licht verläuft, an der innern hingegen ſchneidet ſich das Dunkle vom Hellen mit einer ſcharfen Linie ab. Vollkommen ſo müſſen dunkle Gruben auf einer hellen Kugel erſcheinen. Er hält demnach die Sonne für einen dunkeln Körper mit einem leuchtenden Ueberzuge; die Fläche des Körpers ſey uneben, der Ueberzug trenne ſich bisweilen, und laſſe ſolche Tiefen leer, fließe aber endlich wieder darüber. Auch Herr **Kratzenſtein** verſichert, dieſes grubenähnliche Anſehen der Flecken ſchon ſeit 1769 wahrgenommen zu haben (Acta litterar. univerſ. Hafnienſ. 1778. n. V.)

Nach Herrn **Schröters** Beobachtungen (in **Bode** aſtronom. Jahrbuch für 1792) hat die Sonne eine ihr eigenthümliche Atmoſphäre, die einer auf das Klima ſich beziehenden Verdickung und Erheiterung fähig iſt. Einige dunkle Flecken ſind atmoſphäriſchen Urſprungs, einige können wirkliche Theile der Sonnenfläche ſeyn. Unter den Lichtadern oder Sonnenfackeln giebt es einige, welche Projectionen von Abhängen und Anhöhen ſind, andere ſind ſich hebende Theile der Sonnenatmoſphäre. Uebrigens pflichtet Herr S. der Meinung bey, daß die Sonne urſprünglich planetenartig ſey, und blos eine Lichtatmoſphäre oder Photoſphäre um ſich habe, von der ſie ihren Glanz entlehne. Dieſe Lichtſphäre iſt zunächſt an der Sonne am dichteſten, durchdringt aber mit ihren feinſten Theilen einen beträchtlichen Raum des Sonnengebiets, und wird uns im Thierkreislichte ſichtbar; nahe bey der Sonnenfläche vermiſcht ſie ſich mit dem Luftkreiſe der Sonne, woraus die mannigfal-

tigen Erscheinungen der Sonnenflecken entstehen. Die Lichtsphäre ist an sich selbst unsichtbar, aber ihre Stralen fallen theils durch die körperlichen Theile des eigentlichen Dunstkreises und der Oberfläche der Sonne selbst in unsre Augen, und machen, daß wir sowohl den Sonnenkörper als auch seine Atmosphäre verschiedentlich leuchten sehen, je nachdem sie ihren verschiedenen Bestandtheilen gemäß das Licht lebhafter oder schwächer zurücksenden. Ganz ähnliche Gedanken von der Sonnenatmosphäre und der Natur ihrer Flecken hat auch Herr Rector Fischer in Halberstadt (im 1sten Stück der fliegenden Blätter, Neuj. 1783. S. 14, und im astronom. Jahrbuche für 1791. S. 195.) geäussert.

Weidler Hist. astron. Viteb. 1741. 4. Cap. XV. §. 13. 14.

Scheibel Einl. in die mathem. Bücherkenntniß, 18tes St. Breslau, 1789. 8. S. 65. u. f.

de la Lande astronomisches Handbuch, a. d. franz. Leipz. 1775. gr. 8. §. 932 u. f.

Bode kurzgefaßte Erläuter. der Sternkunde, I. Theil, §. 393. u. f.

Kästner Anfangsgr. der Astron. Göttingen, 1781. 8. §. 160. u. f.

Gedanken über die Natur der Sonne und Entstehung ihrer Flecken von J. E. Bode in den Beschäft. der berliner Ges. naturforschender Freunde, II. B. S. 225. u. f.

Sonnenjahr, Annus solaris, *Année solaire*. Die Zeit, binnen welcher die Sonne, ihrer eignen Bewegung nach, einen Umlauf um den Himmel zu vollenden, oder durch alle zwölf Zeichen des Thierkreises zu gehen scheint. Da die Bewegung der Sonne nur scheinbar ist, so macht das Sonnenjahr eigentlich die Zeit aus, binnen welcher die Erde einen Umlauf um die Sonne vollendet. Man kan aber die Standpunkte, nach welchen die Vollendung eines Umlaufs abgemessen wird, verschiedentlich wählen.

Wenn man die Fixsterne als ganz unbeweglich ansieht, so dauert ein Umlauf der Erde so lange, als die Sonne Zeit braucht, um von einem Fixsterne bis wieder zu demselben zu gelangen. Dieser Zeitraum, welcher

365 T. 6 St. 9 Min. 11, 2 Sec.

begreift, heißt gewöhnlich das **Sternjahr**. Rechnet man den Umlauf von der Sonnenferne bis wieder zu derselben, so beträgt diese **anomalistische Umlaufungszeit** noch 6 Min. mehr, weil die Sonnenferne jährlich unter den Fixsternen fortrückt, s. **Sonnenferne**.

Für die Eintheilung der Zeit ist es bequemer, den Umlauf von Nachtgleiche zu Nachtgleiche zu rechnen, weil der Wechsel der Taglängen und Jahrszeiten durch den Stand der Sonne gegen die Aequinoctialpunkte bestimmt wird. Da nun die Nachtgleichen jährlich um 50″ vorrücken, so kömmt die Sonne zur vorigen Nachtgleiche eher zurück, als zum vorigen Fixsterne, und diese Umlaufszeit, welche eigentlich den Namen des Sonnenjahrs, oder des **tropischen Sonnenjahrs** führet, beträgt nur

365 T. 5 St. 48 Min. 45 Sec. 30 Tert.

Die **bürgerlichen Sonnenjahre** des Kalenders, welche aus einer vollen Anzahl von Tagen bestehen müssen, sind entweder **gemeine** von 365, oder **Schaltjahre** von 366 Tagen. Umständlicher wird von diesem allen bey den Worten: **Jahr, Kalender**, gehandlet.

Sonnenmikroskop, Microscopium solare, *Microscope solaire*. Diesen Namen führt eine Vorrichtung, durch welche man vergrößerte Bilder kleiner von der Sonne stark erleuchteter Gegenstände auf einer Wand oder Tafel im verfinsterten Zimmer darstellen kan.

Aus der Theorie der Linsengläser ist bekannt, daß Gegenstände wie ab Taf. XXII. Fig. 9, die von einem erhabnen Glase C etwas weiter, als der Brennpunkt F, entfernt sind, hinter dem Glase, in AB, ein großes umgekehrtes Bild machen, s. **Linsengläser** (Th. II. S. 913.). Dieses Bild wird sehr vergrößert ausfallen, wenn CA gegen Ca groß ist. Dabey kan es aber nicht mehr Licht haben, als der Gegenstand ab auf das Glas sendet; bey sehr starken Vergrößerungen also wird sich dieses Licht durch den großen Raum AB verbreiten müssen, mithin sehr schwach und das Bild dunkel und unkenntlich ausfallen. Diesem Mangel abzuhelfen, erleuchtet man den Gegenstand ab stark durch

Digitized by Google

zuſammengebrachtes Sonnenlicht, und macht das Bild noch kenntlicher, indem man von dem Plaße AB, auf den es fällt, alles andere Licht abhält, oder das Zimmer verfinſtert. Die Erleuchtung der Gegenſtände ab, beſonders ſolcher, welche viel Licht durchlaſſen, wird bewirkt, indem man das Sonnenlicht mit einem Spiegel EG auffängt, der es auf ein erhabnes Glas D und durch daſſelbe auf die Rückſeite des Gegenſtands ab wirft.

Weil der Gegenſtand ab mit der vergrößernden Linſe C hier eben ſo, wie im wilſoniſchen Mikroſkop, verbunden, iſt, ſ. Mikroſkop (Th. III. S. 221 u. f.), ſo beſteht das gewöhnliche zu durchſichtigen Gegenſtänden dienende Sonnenmikroſkop aus einer Röhre, einem Erleuchtungsglaſe, einem Planſpiegel und einem gemeinen wilſoniſchen Mikroſkope. Die Röhre iſt von Meßing, ohngefähr 2 Zoll weit und in einer runden hölzernen Büchſe oder Kugel befeſtiget, welche in einer viereckigten Tafel nach Belieben gedreht werden kan. Dieſe Tafel läſt ſich in ein viereckigtes Loch in einem Fenſterladen einlegen, wodurch man das Fenſter ſo genau verſchließen kan, daß kein Licht anders, als durch die Röhre, ins Zimmer fällt. An der Auſſenſeite der Tafel iſt mittelſt eines Gewindes der Spiegel EG befeſtiget, welcher durch einen aus Gelenken zuſammengeſetzten und durch die Tafel gehenden Stab, oder durch andere mechaniſche Anſtalten, geſtellet werden kan, daß er die Sonnenſtralen durch die Röhre in das verfinſterte Zimmer ſo wirft, als ob die Sonne in der Axe der Röhre ſtünde. An dem Ende der Röhre nach auſſen hin iſt das Erleuchtungsglas D, und am andern Ende ins Zimmer hinein ein wilſoniſches Taſchenmikroſkop angeſchraubt, welches das zu betrachtende Object in einem Schieber feſthält. Die Sonnenſtralen, von dem Erleuchtungsglaſe auf das durchſichtige Object geleitet, entwerfen von dieſem auf der gegenüberſtehenden Wand des Zimmers, oder auf einem dagegengeſtellten Schirme von weiſſem Papier ein deutliches und ſchönes Bild, ſo ſehr vergrößert, als ſich jemand, der es nicht ſelbſt geſehen hat, kaum vorſtellen würde.

Digitized by Google

Nach der Anzeige des Herrn Baron von Gleichen, genannt Rußworm (Abhandl. vom Sonnenmikroſkop. Nürnb. 1781. 4.) ſoll Balthaſaris in Erlangen ſchon 1710 ein Sonnenmikroſkop erfunden haben. In der hier beſchriebenen Geſtalt aber ward dieſe ſchöne Erfindung erſt um das Jahr 1738 oder 1739 von dem D. Lieberkühn gemacht, der ſie bey ſeinem Aufenthalte in England im Winter 1739 verſchiedenen Gelehrten und Künſtlern, vornehmlich dem Herrn Cuff, zeigte, der hierauf dergleichen Werkzeuge ſehr vollkommen und in großer Anzahl verfertigte. Die erſte Nachricht hievon giebt Baker (Philoſ. Trans. Vol. XLI. No. 458. Sept. 1740. p. 508.), welcher durch ein ſolches Inſtrument die Adern in dem Gekröſe eines Froſches bis auf 2 Zoll im Durchmeſſer vergrößert, und die darinn rollenden Blutkügelchen ſo groß, als Pfefferkörner, geſehen hatte.

Man kan durch dieſes Inſtrument die Vergrößerung erſtaunlich hoch treiben. Es iſt nichts ſeltnes, kleine Gegenſtände, z. B. die Schlängelchen im Eßig, Gelenke eines Flohfußes, Staubfedern eines Schmetterlingsflügels u. dergl. ſo zu vergrößern, daß das Bild die ganze Höhe einer Wand von 9 und mehr Ellen einnimmt. Dabey hat man den Vortheil, daß dieſes koloſſaliſche Bild aus einer ſchicklichen Entfernung bequem und von mehr Perſonen zugleich betrachtet werden kan. Sehr nahe betrachtet, fällt es doch zu undeutlich aus, ſobald die Vergrößerung ſtark wird. Bey mäßigen Vergrößerungen hingegen läſt ſich zu Abzeichnung mikroſkopiſcher Gegenſtände nichts ſchicklichers erdenken.

Man kan dieſes Werkzeug auch ſehr leicht mit einer tragbaren Camera obſcura verbinden, und das Bild auf einer Scheibe von mattgeſchliffenem Glas oder auf einem Papiere auffangen, wobey die Vorſtellung ſehr deutlich wird, wenn nur Bild und Auge völlig im Dunkeln ſtehen. Beſchreibungen hievon findet man bey Ledermüller (Nachleſe ſ. mikroſkop. Gemüths- und Augenergötzung. Nürnberg, 1762. 4. S. 41 u. f. Tab. XXI. XXII.) und Brander (Kurze Beſchreibung einer ganz neuen Camerae obſcurae,

Digitized by Google

und eines Sonnenmikroſkops. Augſp. 1769. 8. In dieſer Geſtalt iſt es zum Abzeichnen noch bequemer.

Das beſtändige Fortrücken der Sonne, welches von Zeit zu Zeit eine veränderte Stellung des Spiegels EG erfordert, iſt beym Gebrauche des Sonnenmikroſkops ungemein hinderlich. Gewöhnlich giebt man dem Spiegel die Bewegung durch zwo Schrauben, deren eine ihn horizontal, die andere vertikal umwendet. Weil aber die Schrauben inwendig im Zimmer gedreht werden müſſen, wo man Spiegel und Sonne nicht ſehen kan, ſo hält es ſchwer und erfordert Uebung, den Spiegel gehörig zu ſtellen. s'Gravesande hat unter dem Namen Helioſtata eine Vorrichtung angegeben, welche mittelſt eines Uhrwerks den Spiegel ſo herumdreht, daß ſeine Stellung immer dem jedesmaligen Stande der Sonne gemäß bleibt, wodurch die Sonnenſtralen jederzeit horizontal ins Zimmer geworfen, und gleichſam ſtillſtehend gemacht werden. Dieſen Helioſtat beſchreibt Martin (Philoſophia Britann. deutſche Ueberſ. Leipz. 1772. gr. 8. III. B. S. 106 u. f.); er ſcheint aber doch mühſam zu ſtellen und zum gemeinen Gebrauche zu koſtbar zu ſeyn. Wiedeburg (Beſchreibung eines verbeſſerten Sonnenmikroſkops. Nürnb. 1758. 4. neue Aufl. 1775. 4.) läſt den Spiegel durch ein Räderwerk zwiſchen zwo Platten bewegen, wobey zwar die erſte Richtung wegen der dabey vorkommenden Schrauben etwas langſam ausfällt, aber die wegen des veränderten Standes der Sonne nöthige Verrückung deſto behender und leichter geſchieht.

Daß die Erleuchtung beym bisher beſchriebnen Sonnenmikroſkop von der Rückſeite einfällt, veranlaßt den doppelten Nachtheil, daß man das Inſtrument nur für durchſichtige Gegenſtände brauchen kan, und daß das Bild nicht blos die Oberfläche, ſondern zugleich alles, was im Innern enthalten iſt, mit darſtellet, welches man oft nicht haben will, wenn der Zweck auf Abbildung gerichtet iſt. Daher hat man auf Erleuchtung von der Vorderſeite, oder auf ein Sonnenmikroſkop für undurchſichtige Gegenſtände (opake ſolar microſcope) gedacht.

Digitized by Google

Aepinus (Emendatio microſcopii ſolaris in Nov. Comm. Petropol. To. IX. p. 316.) erzählt, ſchon D. **Lieberkühn** habe ſein Sonnenmikroſkop zu Betrachtung undurchſichtiger Gegenſtände eingerichtet, ſey aber durch den Tod verhindert worden, dieſe Vorrichtung ſelbſt bekannt zu machen. Aepinus ward dadurch veranlaſſet, der Sache ſelbſt nachzudenken, und ſchlug vor, dem gewöhnlichen Sonnenmikroſkop, Taf. XXII. Fig. 10. noch zwo meßingene Platten CA, BA beyzufügen, welche bey A durch ein Gewinde verbunden, und durch die Feder m und Schraube n in der nöthigen Entfernung von einander gehalten würden. Die Sonnenſtralen a b, c d würden durch das Erleuchtungsglas auf den Spiegel db hingelenkt, der an der innern Platte BA befeſtigt wäre. Von dieſem würden ſie auf das Object ef geworfen und erleuchteten deſſen Vorderſeite, von welcher ſich dann durch die Linſe K, die in der Platte CA ſtünde, und durch eine Oefnung in der Platte BA, das Bild nach dem Schirme zu entwerfen würde.

Schon vorher hatte **Euler** (Emendatio laternae magicae ac microſcopii ſolaris in Nov. Comm. Petrop. To. III. p. 363.) eine Art angegeben, den Unbequemlichkeiten des Sonnenmikroſkops vermittelſt eines durchlöcherten Hohlſpiegels abzuhelfen, ſ. **Zauberlaterne**. Auch **Zether** (Deſcriptio duplicis microſcopii ſolaris apparatus objectis opacis adaptati in Nov. Comm. Petrop. To. X. p. 299.) hat zwo Einrichtungen des Zubehörs für undurchſichtige Objecte, eine für größere, die andere für kleinere, beſchrieben.

Nachher machte **Martin** (Deſcription and uſe of an opake ſolar Microſcope. London 1774. 8.) ein ſehr vollkommnes Werkzeug dieſer Art bekannt, welches auch vom jüngern **Adams** (Eſſay on the micoſcope. London 1787. 4maj. p. 92. ſqq. Plate V.) beſchrieben und abgebildet wird. Dabey befindet ſich der Gegenſtand in einem eignen Gehäuſe, in welchem ein Planſpiegel das durchs Erleuchtungsglas concentrirte Sonnenlicht auf die Vorderſeite deſſelben zurückwirft.

Digitized by Google

Der jüngere **Adams** hat auch das von seinem Vater erfundene **Lampenmikroskop** (lucernal microscope) durch Anbringung einer Argandischen Lampe (s. **Lampen**) statt der gemeinen, verbessert, und so eingerichtet, daß es so, wie das Sonnenmikroskop für undurchsichtige Objecte, gebraucht werden kan (s. Description of *Adams's* improved and universal lucernal Microscope im Essay on the microscope p. 65. sqq. Plate III.). Dies ist unstreitig die beste Einrichtung zu Abzeichnung der Gegenstände, wobey das Licht fest bleibt, und sich nicht, wie die Sonne, immer fortbeweget. Weil aber die Sonne bey ihr gar nicht gebraucht wird, so gehört sie nicht zu den Sonnenmikroskopen, sondern zu den Zauberlaternen, s. **Zauberlaterne**.

Ueberhaupt sind die Sonnenmikroskope und Zauberlaternen weiter durch nichts unterschieden, als daß jene Sonnenlicht, diese Lampenlicht erhalten. Das erste dem Angeben nach von **Balthasaris** erfundene Sonnenmikroskop mag wohl nichts weiter, als eine durch Sonnenlicht erleuchtete Zauberlaterne, gewesen seyn. **Wolf** (Nützl. Versuche, Th. III. §. 114.) hat schon bemerkt, daß man die Zauberlaterne als Vergrößerungswerkzeug gebrauchen könne.

Käſtner in Smith's Lehrbegrif der Optik, S. 346.

Priestley Geschichte der Optik, durch Klügel, S. 527. u. f.

G. Adams's Essay on the microscope. London, 1787. 4maj. p. 92. sqq.

Sonnenmonat, s. **Monat**.

Sonnennähe, Perihelium, *Perihélie*. Derjenige Punkt einer Planeten- oder Kometenbahn, in welchem der Planet oder Komet der Sonne am nächsten ist. Taf. I. Fig. 17. ist es der Punkt P. Die große Axe der elliptischen Laufbahn eines jeden Planeten geht nach **Keplers** Entdeckung durch die im Brennpunkte stehende Sonne S, und schneidet in der Bahn selbst die beyden **Apsiden**, oder die Punkte A und P ab, wovon der letztere die Sonnennähe ist, s. **Apsiden**.

Digitized by Google

Der Punkt der Sonnennähe liegt also der Sonnenferne A gerade gegenüber. Die Anomalien, welche von A aus gerechnet werden, sind in der Sonnennähe = 180° oder 6 Zeichen, s. Anomalien. Und weil nach den keplerischen Regeln beyde Helften der Bahn ADP und PEA in gleichen Zeiten durchlaufen werden, so ist im Punkte der Sonnennähe die wahre Anomalie der mittlern gleich, und der Unterschied beyder oder die Gleichung der Bahn verschwindet hier ebenfalls. Auch ist hier die Geschwindigkeit des Planeten am gröſten, oder sein Lauf am schnellsten, weil sein Abstand von der Sonne am kleinsten ist.

Die Erde kömmt in die Sonnennähe am Ende des Jahres, oder des Monats December, wenn die Sonne im 9ten Grade des Steinbocks gesehen wird. Alsdann scheint der Lauf der Sonne am schnellsten und der Durchmesser ihrer Scheibe am gröſten. Die Sonnennähen der übrigen Planeten stehen allezeit ihren Sonnenfernen gegenüber, und verändern sich also jährlich eben so, wie jene, worüber ich hier auf das Wort Sonnenferne verweise.

Die Kometen sind nur in demjenigen Theile ihrer Bahnen sichtbar, der in die Nachbarschaft ihrer Sonnennähen fällt: in den Sonnenfernen kan man sie wegen ihres groſsen Abstandes von der Sonne und Erde nie bemerken. Daher werden bey der Berechnung des Kometenlaufs die Anomalien von der Sonnennähe aus gerechnet, und es gehören der von der Sonne aus gesehene Ort der Sonnennähe, die Zeit des Durchgangs durch dieselbe, und ihr Abstand von der Sonne unter die vornehmsten Elemente einer Kometenbahn, s. Elemente der Bahn.

Sonnensystem, *Systema solare*, *Système solaire*. Eine Sonne mit allen um sie laufenden Weltkörpern zusammen, macht ein Sonnensystem aus. So lehrt die kopernikanische Weltordnung, daß sich um unsere Sonne auſser der Erdkugel noch mehrere Planeten, deren wir jetzt sechs kennen, mit verschiedenen Monden oder Nebenplaneten, und einer beträchtlichen Anzahl Kometen bewegen, s. Sonne, Planeten, Nebenplaneten, Kometen,

Digitized by Google

Weltsyſtem. Alle dieſe Körper zuſammen machen unſer Sonnenſyſtem aus. Es iſt ſehr wahrſcheinlich, daß jeder Fixſtern eine Sonne ſey, um welche mehrere dunkle Körper umlaufen, und daß alſo das Weltgebäude aus unzählbaren Sonnenſyſtemen beſtehe, ſ. Fixſterne, Weltgebäude.

Sonnentag, ſ. Sonnenzeit.

Sonnenwenden, Sonnenſtände, Sonnenſtillſtandspunkte, Solſtitialpunkte, Puncta ſolſtitiorum, *Points ſolſticiaux*, ſind die beyden Punkte der Ekliptik oder jährlichen Sonnenbahn, welche vom Aequator am weitſten abſtehen. Nach den Sätzen der Sphärik ſind die Punkte, in welchen zween gröſte Kreiſe am weitſten von einander abſtehen, von den Durchſchnittspunkten dieſer Kreiſe um 90° entfernt, und ſtehen einander dem Durchmeſſer nach gegenüber. Daher ſtehen auch die Sonnenwenden um 90° oder 3 Zeichen von den Nachtgleichen ab, und ſind von einander ſelbſt um 180° entfernt.

Wenn die Sonne bey ihrem ſcheinbaren jährlichen Umlaufe einen dieſer Punkte erreicht, und alſo vom Aequator entweder gegen Norden oder gegen Süden am weitſten entfernt iſt, ſo kömmt ſie dem Nord- oder Südpole am nächſten, und giebt den Nord- oder Südländern ihren längſten Tag und ihre kürzeſte Nacht. Von da an ſcheint ſie wieder gegen den Aequator zurückzukehren, von welcher Umwendung des Laufs der Name Sonnenwenden entſprungen iſt. Weil die am weitſten auseinander liegenden Theile zweener gröſten Kreiſe faſt parallel ſind, ſo ändert ſich an dieſen Stellen der Abſtand der Sonne vom Aequator nicht merklich, und ſie ſcheint gleichſam einige Tage hindurch ſtill zu ſtehen, welches den Namen der Sonnenſtände oder der Sonnenſtillſtandspunkte veranlaſſet hat. Die mit dem Aequator parallellaufenden Kreiſe durch dieſe Punkte, welche die Ekliptik berühren, heiſſen die Wendekreiſe.

Diejenige Sonnenwende, welche dem Nordpole am nächſten liegt, und von der Sonne um den 21. Jun. erreicht

Digitized by Google

wird, heißt der **Sommerpunkt**, die **Sommersonnenwende** (punctum solstitii aestivi) oder der erste Punkt des Krebses (0° ♋): die andere, die dem Südpole am nächsten ist, und in welche die Sonne um den 21 December gelangt, ist der **Winterpunkt**, die **Wintersonnenwende** (punctum solstitii hiberni) oder der erste Punkt des Steinbocks. (0° ♑).

Sonnenwende, Zeit der Sonnenwende, Zeit des Sonnenstillstands, Solstitium, *Solstice*. Sonnenwende ist eigentlich der Augenblick, in welchem der Mittelpunkt der Sonne, bey seinem jährlichen Umlaufe um den Himmel, den grösten Abstand vom Aequator erreicht, oder in einen Solstitialpunkt tritt. Zwar verläßt er diesen Punkt in eben dem Augenblicke wieder, weil die eigne Bewegung der Sonne ununterbrochen fortdauert: da aber diese Bewegung langsam ist, und sich besonders um diese Zeit der Abstand der Sonne vom Aequator einige Tage lang nicht merklich ändert, so kan man ohne Bedenken annehmen, sie behalte alsdann den ganzen Tag über einerley Abstand. So wird dieser ganze Tag **Tag der Sonnenwende** (dies solstitii, *Jour de solstice*).

Unter dieser Voraussetzung wird der Tagkreis der Sonne an diesem Tage einer von den Wendekreisen seyn, s. **Wendekreise**. Die Sonne erreicht den Wendekreis des Krebses jährlich um den 21 Jun. und den des Steinbocks um den 21 December. Dies sind also gewöhnlich die Tage der beyden Sonnenwenden.

Die Horizonte der Nordländer schneiden sich mit den Tagkreisen der Sonne so, daß der Wendekreis des Krebses unter allen übrigen Tagkreisen den grösten Theil über, und den kleinsten unter diesen Horizonten hat, der des Steinbocks hingegen unter allen übrigen mit dem kleinsten Theile über diese Horizonte hervorraget, und den grösten unter sie verbirgt. Daher haben die Nordländer zur Zeit der Sonnenwende um den 21 Jun. den längsten Tag und die kürzeste Nacht; hingegen um den 21 Dec. den kürzesten

Digitized by Google

Tag und die längſte Nacht. Für die Südländer iſt der Fall gerade umgekehrt.

Weil in unſern Ländern mit dem Eintritte der Sonne in den Krebs der Sommer, und mit dem Eintritte in den Steinbock der Winter anfängt, ſo hat daher unſer längſter Tag den Namen der **Sommerſonnenwende** (Solſtitium aeſtivum, *Solſtice d'été*), der kürzeſte den der **Winterſonnenwende** (Solſtitium hibernum, *Solſtice d' hiver*) erhalten.

Sonnenzeit, Tempus ſolare, *Temps meſuré par la revolution apparente du ſoleil*. Die nach dem ſcheinbaren täglichen Umlaufe der Sonne abgemeſſene Zeitdauer mit ihren Eintheilungen führt den Namen der **Sonnenzeit**. Solche Sonnenzeit iſt auch zu verſtehen, wenn Zeit überhaupt, ohne weitern Beyſatz, genannt wird. Man hat aber hiebey **wahre Sonnenzeit**, (tempus ſolare verum, *Temps vrai*) von **mittlerer Sonnenzeit** (tempus ſolare medium, *Temps moyen*) zu unterſcheiden.

Der Zeitraum von jedem Mittage (oder Durchgange des Mittelpunkts der Sonne durch den Mittagskreis) bis zum folgenden heißt der **wahre Sonnentag** (*Jour de temps vrai*). Man theilt ihn, ſo lang oder kurz er auch ſey, in 24 gleiche Theile, welche **wahre Sonnenſtunden** (*heures de temps vrai*) heiſſen. Die wahre Sonnenſtunde in 60 Minuten, dieſe Minute in 60 Secunden, dieſe Secunde in 60 Tertien u. ſ. w. getheilt, geben Minuten, Secunden, Tertien ꝛc. der wahren Sonnenzeit.

Das eigentliche von Natur unveränderliche Zeitmaaß iſt der **Sterntag**, ſ. **Sternzeit**. Erſchiene die Sonne beſtändig bey eben denſelben Fixſternen, ſo würden die Sterntage auch zugleich Sonnentage ſeyn. Nun rückt aber die Sonne mit einer eignen Bewegung in der Ekliptik fort, und kömmt dadurch täglich faſt 1 Grad weiter morgenwärts von dem vorigen Fixſterne. Wenn alſo dieſer Fixſtern wieder in den Mittagskreis tritt, und der Sterntag vorüber iſt, ſo ſteht die Sonne noch faſt 1° morgenwärts vom Mittagskreiſe ab, und hat noch etwa 4 Minuten Zeit nöthig, um

Digitized by Google

ihn völlig zu erreichen. Die Sonnentage müssen also fast um 4 Minuten länger seyn, als die Sterntage.

Aber die Sonnentage sind selbst nicht von gleicher Länge, weil das Fortrücken der Sonne gegen Morgen nicht jeden Tag gleich viel beträgt. Diese Ungleichheit hat eine doppelte Ursache. Fürs erste ist der Lauf der Sonne in der Ekliptik selbst ungleichförmig, s. Sonne; sie rückt im Sommer täglich nur 57′, im Winter 61′ fort. Zweytens geschieht dieses Fortrücken in der Ekliptik, deren Richtung im Mittagskreise nur selten gerade morgenwärts gehet, daher die Sonne sich nicht um die ganze Größe ihres Fortrückens in der Ekliptik, sondern nur um einen Theil derselben morgenwärts schiebt. Dies erläutert Taf. XXII. Fig. 11., wo ♈A einen Quadranten des Aequators, ♈♋ einen Quadranten der Ekliptik vorstellt. In der Gegend ♈ rücke die Sonne in einem Tage um den Bogen ♈B fort, so wird sie dadurch nicht gerade morgenwärts, oder mit ♈A parallel verschoben: vielmehr wird sie durch diese Bewegung nur um so viel weiter gegen Morgen gebracht, als das Stück ♈b austrägt. Bey ♋ hingegen rücke sie um den Bogen C♋ fort, so ist dieser ganze Bogen ziemlich genau mit cA parallel und gleich; hier wird sie also um die ganze Größe ihres Fortrückens weiter gegen Morgen verschoben. Wenn also auch die Sonne täglich um gleiche Bogen ♈B und C♋ in der Ekliptik fortgienge, so würden doch die Bogen ihres täglichen Fortrückens gegen Morgen (d. i. die Veränderungen ihrer geraden Aufsteigung) ♈b und cA nichts desto weniger ungleich seyn.

Man sieht hieraus, daß die wahren Sonnentage um die Wintersonnenwende am längsten seyn müssen, weil um diese Zeit die Sonne nicht nur am schnellsten, sondern auch ganz parallel mit dem Aequator fortzurücken scheint. In dieser Absicht kan man sehr richtig sagen, daß unsere Tage (nemlich von einem Mittage bis zum andern gerechnet) im Winter länger sind, als im Sommer und um die Nachtgleichen.

Mit der Länge der Tage ändert sich zugleich die Länge der Stunden, Minuten ꝛc. der wahren Sonnenzeit. Da-

Digitized by Google

her können unsere Uhren, als mechanische Werkzeuge, welche einen gleichförmigen Gang haben sollen, mit dieser veränderlichen Zeit nicht übereinstimmen, und es ist eine sehr ungeschickte Empfehlung einer Uhr, wenn Unwissende von ihr rühmen, sie gehe genau mit der Sonne. Hingegen zeigen die Sonnenuhren und Gnomons diese wahre Sonnenzeit: auch werden bey den astronomischen Beobachtungen die zu bemerkenden Zeitpunkte nach wahrer Sonnenzeit und in Theilen derselben angegeben, s. Zeit.

Um nun aus dem Sonnenlaufe ein gleichförmiges Zeitmaaß zu erhalten, woran man die immer gleichen Stunden der Uhren halten könne, hat man aus den ungleichen Längen der wahren Sonnentage eine mittlere Größe im Durchschnitte genommen, und diese den mittlern Sonnentag (*Jour du temps moyen*) genannt. Diese immer gleiche Zeitdauer in 24 Stunden, die Stunde in 60 Min. u. s. w. getheilt, giebt Stunden, Minuten, Secunden ꝛc. der mittlern Sonnenzeit.

Man stellt sich hiebey gleichsam eine erdichtete Sonne vor, welche sich im Aequator ♈A bewegt, und täglich gleich weit in demselben fortrückt, dennoch aber ihren jährlichen Umlauf um den ganzen Himmel in eben der Zeit vollendet, in welcher die wahre Sonne die ganze Ekliptik von ♈ durch ♋ bis wieder zu ♈ durchläuft. Diese Zeit ist das tropische Sonnenjahr von 365 T. 5 St. 48 Min. 45 Sec. 30 Tert. s. Sonnenjahr. Wenn die erdichtete Sonne in diesem Zeitraume den ganzen Aequator, oder 360° mit gleichförmiger Bewegung durchläuft, so kommen auf einen Tag, wie man durch die Regel Detri leicht findet, 59′ 8″ 20‴ des Aequators. Die erdichtete Sonne braucht also, um wieder in den Mittagskreis zu kommen, einen völligen Sterntag, und darüber noch so viel Zeit, als 59′ 8″, 3 des Aequators nöthig haben, um sich durch den Mittagskreis zu schieben, s. Aequator (Th. I. S. 50.) Dies beträgt

für 59′ . . 59 × 4 Sec. = 3 Min. 56 Sec.
8,3″ . . 8,3 × 4 Tert. = 33 Tert.

Mithin ist der mittlere Sonnentag = 24 St. 3 Min. 56 Sec. 33 Tert. (oder 86636, 3 Sec.) Sternzeit.

Hieraus läst sich auch bald übersehen, wie viel der Sterntag in mittlerer Sonnenzeit betrage. Wenn man nemlich die Secunden der Sternzeit mit s, die der mittlern Sonnenzeit mit S bezeichnet, so ist

der Sterntag = 86400. s
der mittl. Sonnentag = 86400. S

und man hat aus dem vorigen

86400. S. = 86636, 3. s

woraus sich leicht herleiten läst:

86164. S = 86400. s = Sterntag.

Also ist der Sterntag = 86164 Sec. oder 23 St. 56 Min. 4 Sec. mittlerer Sonnenzeit, und das Verhältniß der Sternzeit zur mittlern Sonnenzeit beruht auf folgenden beyden Gleichungen:

mittl. Sonnentag = 86636, 3 Sec. Sternzeit
Sterntag = 86164 Sec. mittl. Zeit.

Da alle 360° des Aequators zu ihrem Durchschieben durch den Mittagskreis einen Sterntag oder 86164 Sec. mittlerer Sonnenzeit brauchen, so geht 1° des Aequators in 239, 3 Sec. (oder 3 Min. 59, 3 Sec.), 1′ des Aequators in 3 Sec. 59 Tert. u. s. w. hindurch. Ferner in 24 Stunden mittlerer Sonnenzeit gehen durch den Meridian 360° 59′ 8″ des Aequators; also in 1 Stunde 15° 2′ 28″; in 1 Minute 15′ 2″ 28‴; in 1 Secunde 15″ 2‴, 5 u. s. w. Hiedurch kan man leicht berechnen, wieviel Sonnenzeit jeder gegebene Bogen des Aequators nöthig habe, um durch den Mittagskreis zu gehen, und umgekehrt, wie viel in jeder gegebenen Zeit Grade, Minuten u. s. w. des Aequators durch den Mittagskreis gehen. Man nennt dieses: mittlere Zeit in Bogen des Aequators, und Bogen des Aequators in mittlere Zeit verwandlen. Die Sammlungen astronomischer Tafeln enthalten Tabellen, welche zur Erleichterung solcher Verwandlungen dienen.

Nach dieser mittlern Sonnenzeit werden die gewöhnlichen Uhren eingerichtet. Bey astronomischen Beobachtungen ist es jedoch hinlänglich, wenn die Uhr diese Zeit nur

Digitized by Google

ohngefähr weiset, wofern nur sonst ihr Gang völlig gleichförmig ist. Kan man sich auf diese Gleichförmigkeit verlassen, so ist man im Stande, für jeden Zeitpunkt, den die Uhr angiebt, die correspondirende mittlere und wahre Sonnenzeit zu berechnen, wofern nur die Zeitangabe der Uhr bey einem vorhergehenden und einem nachfolgenden Durchgange ebendesselben Fixsterns oder der Sonne durch den Mittagskreis bemerkt worden ist. Wie dieses geschehe, soll bey dem Worte Zeit gezeigt werden. Soll die Uhr genau mittlere Sonnenzeit angeben, so muß sie zwischen zween Durchgängen eines Fixsterns um 23 St. 56 Min. 4 Sec. fortrücken.

Von eben dieser mittlern Zeit sind auch die in den astronomischen Tafeln vorkommenden Zeitangaben zu verstehen, welche daher, so oft es nöthig ist, erst in wahre Zeit verwandlet werden müssen.

Der Unterschied zwischen der mittlern und wahren Sonnenzeit heißt die **Zeitgleichung**, und es ist von demselben unter dem Artikel **Gleichung der Zeit** besonders gehandlet worden.

Kästner Anfangsgr. der Astron. Göttingen, 1781. 8. §. 97. u. f.

Bode kurzgefaßte Erläuterung der Sternkunde. I. Th. §. 179. u. f.

Sonntagsbuchstabe, s. **Kalender.**

Spannung, Tensio, *Tension.* Wenn irgend eine Kraft den Zusammenhang der Theile eines Körpers zu trennen, oder diese Theile mehr von einander zu entfernen strebt, so sagt man, sie spanne den Körper oder seine Theile, und nennt diese Wirkung eine Spannung. Besonders braucht man diesen Ausdruck in denjenigen Fällen, wo die spannende Kraft in der That die Lage der Theile ein wenig ändert, ohne doch ihren Zusammenhang ganz aufzuheben.

So werden Fäden, Drähte, elastische Saiten u. dergl. durch Befestigung an einem Ende, und angehangene Gewichte, oder Umwindung um Seile am andern, gespannt

Sie verlängern sich dadurch ein wenig, ohne doch zu zerreißen: sobald sie zerreißen, hört, wie natürlich, die Spannung auf.

Vollkommen harte Körper würden der Kraft, die ihre Theile zu trennen strebte, gar nicht, vollkommen weiche hingegen völlig nachgeben. Daher läst sich nur bey elastischen Körpern Spannung gedenken. Es sind aber alle bekannte Körper in einigem Grade elastisch. Uebrigens hängt von der Spannung elastischer Körper die Geschwindigkeit ihrer Schwingungen ab, s. Elasticität, Saiten.

Specifisch, Eigenthümlich, Specificum, *Specifique*. Was einer gewissen Art oder Gattung von Dingen eigen ist, und sie von andern unterscheidet. In der Physik belegt man mit dem Namen specifisch gewisse Eigenschaften oder Wirkungen der Körper, deren Verhältniß zu andern Bestimmungen, z. B. zur Größe, Dichte u. dergl. immer dasselbe bleibt, so lang sich die innere Mischung (Art, Gattung) des Körpers nicht ändert, so, daß dieses Verhältniß als ein eigenthümliches Kennzeichen eines Körpers von ebenderselben Art (ejusdem speciei), oder von eben derselben Mischung, angesehen werden kan. In diesem Sinne braucht man die Benennungen: specifisches Gewicht, specifische Federkraft, specifische Wärme, die man dem absoluten Gewichte, der absoluten Federkraft, absoluten Wärme entgegensetzt.

Das Gewicht ist eine Wirkung, die sich gewöhnlich immer, wie das Volumen des Körpers, verhält, so lange der Körper von ebenderselben Art und Mischung, z. B. immer gleich gemischtes Queckſilber, immer völlig reines Wasser bleibt. Das Verhältniß des Gewichts zum Volumen giebt also Anlaß zu dem Begriffe von specifischem oder eigenthümlichem Gewichte des Queckſilbers, Wassers u. s. w. s. Schwere, specifische.

Die Federkraft elastischer flüßiger Materien verhält sich, wie die Dichte der letztern, so lang die innere Mischung dieselbe bleibt, z. B. so lang das Fluidum aus eben derselben dephlogistisirten, eben derselben brennbaren Luft,

beſteht. So giebt die Vergleichung der abſoluten Federkraft mit der Dichte den Begrif von ſpecifiſcher Federkraft der dephlogiſtiſirten oder brennbaren Luft u. ſ. w. ſ. Elaſticität, ſpecifiſche.

Die Menge der Wärme, die ein Körper in ſich halten muß, wenn er einen gewiſſen Grad fühlbarer Wärme zeigen ſoll, verhält ſich, wie die Größe (oder auch wie die Maſſe) des Körpers, wenn nur der Körper von eben derſelben Art, z. B. immer gleich gemiſchtes Queckſilber, immer völlig reines Waſſer, bleibt. So hat man aus Vergleichung der abſoluten Wärme mit der Größe oder mit dem Gewichte des Körpers den Begrif von ſpecifiſcher Wärme, dem man jedoch auch noch andere Beſtimmungen geben kan, ſ. Wärme, ſpecifiſche.

Alle dieſe Begriffe ſind zugleich relativ. Man kan nicht ſagen, wie groß das ſpecifiſche Gewicht und die ſpecifiſche Wärme des Queckſilbers, oder die ſpecifiſche Federkraft der brennbaren Luft, an ſich ſey. Man kan nur beſtimmen, wie vielmal alles dies größer oder kleiner ſey, als bey einem andern Körper. Es können nie Größen ſpecifiſcher Wirkungen, ſondern nur Verhältniße ſolcher Größen bey zween Körpern von verſchiedener Art angegeben werden.

So läſt ſich beſtimmen, das Queckſilber habe 14mal mehr ſpecifiſches Gewicht, und 21mal weniger ſpecifiſche Wärme, als das reine Waſſer; die brennbare Luft habe 13mal mehr ſpecifiſche Federkraft, als die gemeine u. ſ. w. Der Sinn dieſer Ausdrücke iſt folgender. Wenn man mit Queckſilber und Waſſer gleiche Räume anfüllt, ſo hat jenes 14 mal mehr Gewicht, als dieſes: wenn man von beyden gleiche Gewichte zu gleicher fühlbarer Wärme bringt, ſo hat jenes 21 mal weniger abſolute Wärme, als dieſes: wenn man brennbare Luft und gemeine zu gleicher Dichte bringt, ſo zeigt jene 13 mal mehr Federkraft, als dieſe.

Nimmt man aber ein für allemal die ſpecifiſche Schwere oder Wärme des Waſſers, und die ſpecifiſche Federkraft der gemeinen Luft für die Einheit an, mit welcher die ähnlichen Größen bey allen andern Körpern gemeſſen werden ſollen (wobey vorausgeſetzt wird, daß Waſſer und ge-

Digitized by Google

meine Luft immer eben dieſelben Stoffe und von immer gleicher Miſchung bleiben), ſo kan man jene Größen in Zahlen ausdrücken, die ſich alsdann auch unter einander ſelbſt vergleichen laſſen. Unter dieſer Vorausſetzung kan man ſagen, daß des Queckſilbers ſpecifiſches Gewicht = 14, ſeine ſpecifiſche Wärme = $\frac{1}{14}$, die ſpecifiſche Federkraft der brennbaren Luft = 13 ſey u. ſ. w.

Sphaera armillaris, ſ. Ringkugel.

Sphäre, Himmelskugel, Weltkugel, Sphaera coeleſtis, *Sphere*, *Sphere du monde*. Den Namen der Sphäre, der in der griechiſchen Sprache eine Kugel überhaupt bedeutet, giebt man in der Aſtronomie dem blauen Gewölbe, das uns zu umgeben ſcheint, und von welchem bereits bey dem Worte Himmel gehandelt worden iſt. Wenn man alle Geſichtsbetrüge entfernt, die ſich in den Anblick dieſes ſcheinbaren Gewölbes einmiſchen, ſo ſtellt ſich daſſelbe als eine Kugel dar, in deren Mittelpunkte das Auge ſteht, deren untere Helfte durch den Horizont, oder vielmehr durch die Erdfläche, verdeckt wird, und die ſich mit allen daran befindlichen Geſtirnen in 24 Stunden um eine feſtbleibende Axe dreht. Von dieſer Kugelgeſtalt erhält ſowohl die ſcheinbare Himmelswölbung ſelbſt, als auch ihre Nachbildung im Kleinen (ſ. Himmelskugel, künſtliche), den Namen der Sphäre. Man bildet ſich darauf verſchiedene Punkte und Kreiſe ein, welche in dem eben angeführten Artikel (Th. II. S. 597.) aufgezählt werden.

Der Name Sphäre iſt beſonders üblich, wenn die verſchiedenen Stellungen der Himmelskugel und ihrer Kreiſe gegen verſchiedene Orte der Erde betrachtet werden. In dieſer Abſicht unterſcheidet man die gerade, parallele und ſchiefe Sphäre.

Die gerade Sphäre (Sphaera recta, *Sphere droite*) Taf. XXII. Fig. 12. iſt diejenige Stellung der Himmelskugel, bey welcher die Pole P und S in den Horizont des Orts fallen, der Aequator AQ aber durch das Zenith und Nadir geht. Für dieſe Stellung iſt alſo PCS zugleich der

Horizont, A das Zenith, und Q das Nadir. Denkt man ſich die Erde im Mittelpunkte der Kugel, ſo wird das Zenith A, das alsdann mit dem Beobachtungsorte correſpondiren muß, ſ. **Erdkugel** (Th. II. S. 20.) gerade über einem Orte im Erdäquator ſtehen. Hieraus folgt, daß die Himmelskugel nur denjenigen Orten der Erdfläche als gerade Sphäre erſcheine, welche im Aequator der Erde liegen, oder deren geographiſche Breite = o iſt.

In der geraden Sphäre ſchneiden der Aequator AQ und alle mit ihm parallele Kreiſe, wie GF und KI, den Horizont PCS unter rechten Winkeln. Dieſe Parallelkreiſe ſind die Tagkreiſe der Sonne und aller Geſtirne. Mithin gehen in der geraden Sphäre alle Geſtirne unter rechten Winkeln auf und unter, daher ſie auch die gerade (recta) und der Bogen des Aequators, deſſen Endpunkt hier mit einem Sterne zugleich aufſteigt, des Sterns gerade Aufſteigung (aſcenſio recta) heißt, ſ. **Aufſteigung, gerade.**

Auch werden der Aequator ſelbſt und alle dieſe mit ihm parallelen Tagkreiſe vom Horizonte PCS in gleiche Helften zerſchnitten, deren eine über, die andere unter dem Horizonte iſt. Daher iſt in der geraden Sphäre jedes Geſtirn 12 Stunden über und 12 Stunden unter dem Horizonte. Weil dies auch von der Sonne gilt, ſo folgt, daß Tag und Nacht hier beſtändig gleich bleiben. Auch überſieht man leicht, daß hier alle Sterne der Himmelskugel binnen 24 Stunden ſichtbar werden, weil es keinen geben kan, der immer unter dem Horizonte bliebe. Sterne, die zugleich aufgehen, kommen hier auch zugleich in den Mittagskreis, und gehen wiederum zugleich unter.

Die Sonne, welche während eines Jahres nach und nach die Ekliptik, oder den ſchiefen Kreis KCF durchwandert, kömmt jährlich zweymal ſo zu ſtehen, daß ſie im Mittage durch das Zenith A hindurch geht. Dies geſchieht, wenn ſie in den Aequator tritt, und dieſer ſelbſt ihr Tagkreis wird, alſo um den 21 März und 23 September. In den Zwiſchenzeiten bleibt ſie immer entweder in der nördlichen Helfte des Himmels AQP, oder in der ſüdlichen AQS ſo, daß ſie den 21 Jun. den nördlichſten Tagkreis FG,

Digitized by Google

und den 21 December den ſüdlichſten IK beſchreibt. Wollte man nun von der Zeit, da die Sonne den höchſten Stand in A erreicht, den Sommer, und von der, da ſie am niedrigſten in G und K ſteht, den Winter anfangen, ſo würden die Orte der geraden Sphäre jährlich zween Sommer und zween Winter haben. Man kan aber die Jahrszeiten hier gar nicht ſo, wie bey uns, abtheilen.

Die **parallele Sphäre** (Sphaera parallela, *Sphere parallele*) Taf. XXII. Fig. 13. iſt diejenige Stellung, für welche die Pole ins Zenith P und Nadir S fallen, der Horizont aber mit dem Aequator AQ coincidiret. Denkt man ſich hier die Erdkugel im Mittel, ſo correſpondirt dem Zenith ein Pol der Erde, woraus folgt, daß die Himmelskugel blos den beyden Punkten, in welchen die Pole der Erde liegen, als **parallele Sphäre** erſcheinen kan.

In dieſer Stellung des Himmels ſind die Tagkreiſe aller Geſtirne mit dem Horizonte AQ gleichlaufend, daher ſie auch den Namen der parallelen Sphäre erhalten hat. Es findet alſo hier gar kein Auf- und Untergang der Geſtirne ſtatt: vielmehr ſcheint jeder Stern in 24 Stunden einen mit dem Horizonte parallelen Kreis von der linken zur Rechten zu durchlaufen. Man ſieht auch nur diejenigen Sterne, welche in der einen Helfte des Himmels ſtehen, der Nordpol der Erde die in der nördlichen, der Südpol die in der ſüdlichen; von denen in der andern Helfte kan nie einer über den Horizont heraufkommen.

Auch von der Ekliptik FCK iſt immer ebendieſelbe Helfte ſichtbar, dem Nordpole der Erde die nördliche, wovon CF ein Theil iſt, dem Südpole die ſüdliche, wozu CK gehört. So lang die Sonne in der ſichtbaren Helfte iſt, bleibt ſie ohne Unterbrechung ſichtbar, in der unſichtbaren iſt ſie beſtändig verborgen. Daher hat die parallele Sphäre jährlich nur einen Tag und eine Nacht, beyde von halbjähriger Dauer.

Die **ſchiefe Sphäre** (Sphaera obliqua, *Sphere oblique*) begreift alle übrigen Stellungen der Himmelskugel, in welchen der eine Pol über den Horizont erhaben, der andere unter demſelben verborgen iſt, der Aequator aber mit dem

Digitized by Google

Horizonte einen ſchiefen Winkel macht. So erſcheint der Himmel allen Orten der Erde, die nicht im Aequator ſelbſt oder in den Polen liegen. Eine dieſer Stellungen, welche wiederum ſehr mannigfaltig ſeyn können, iſt Taf. VIII. Fig. 2. abgebildet.

In der ſchiefen Sphäre wird der Horizont vom Aequator ſelbſt, und von allen ihm parallelen Tagkreiſen der Geſtirne, unter ſchiefen Winkeln geſchnitten, und er theilt nur den Aequator in gleiche Helften, die übrigen Tagkreiſe aber in ungleiche Theile. Daher gehen hier alle Geſtirne ſchief auf und unter, und nur diejenigen, die im Aequator ſelbſt ſtehen, ſind eben ſo lang ſichtbar, als unſichtbar. Unter den übrigen Tagkreiſen fällt von denen, welche gegen den ſichtbaren Pol heraufwärts liegen, der größere, von denen hingegen, welche ſich herabwärts gegen den unſichtbaren Pol zu befinden, nur der kleinere Theil über den Horizont. Mithin ſind den Orten der nördlichen Erdhalbkugel die nördlichen, und den Orten der ſüdlichen Halbkugel die ſüdlichen Geſtirne längere Zeit ſichtbar, als unſichtbar. Nahe am ſichtbaren Pole giebt es Tagkreiſe, die ganz über dem Horizonte, ſo wie nahe am unſichtbaren Pole ſolche, die ganz unter dem Horizonte liegen. Daher giebt es für alle Orte, welche die Sphäre ſchief ſehen, Geſtirne, die gar nicht untergehen, oder andere, die gar nicht aufgehen.

Nur zweymal im Jahre, nemlich am 21 März und 23 September, wenn die Sonne im Aequator ſelbſt ſteht, iſt ſie eben ſo lang ſichtbar, als unſichtbar, oder Nacht und Tag gleich. In demjenigen Halbjahre, in welchem die Sonne dem ſichtbaren Pole näher ſtehet, ſind die Tage länger, als die Nächte; im andern hingegen die Nächte länger, als die Tage. Die längſten und kürzeſten Tage fallen in die Zeitpunkte der Sonnenwenden, oder des 21 Junii und 21 Decembers, da die Sonne dem einem oder dem andern Pole am nächſten ſteht.

Iſt die Lage der Sphäre ſo ſchief, daß die Sonne in Tagkreiſe kommen kan, welche ganz über oder unter den Horizont fallen (welches geſchieht, wenn der Beobachtungsort innerhalb der Polarkreiſe der Erdkugel liegt), ſo geht um

Digitized by Google

die Zeit der einen Sonnenwende die Sonne eine Zeitlang gar nicht unter, um die Zeit der andern gar nicht auf: man hat also daselbst perpetuelle Tage und Nächte, welche desto länger dauren, je näher die Orte an den Polen der Erde liegen.

Sphäroid, Sphaeroides, *Spheroide*. Diesen Namen giebt die Geometrie Körpern, welche aus der Umdrehung einer halben Ellipse um ihre Axe entstehen. Dreht sich Taf. XXII. Fig. 14. die halbe Ellipse PAS um ihre kleine Axe PS, so entsteht das **abgeplattete Sphäroid** (Sphaeroides latum, *Spheroide applati*); der Helfte APQ Umdrehung um die große Axe AQ erzeugt das **längliche Sphäroid** (Sphaeroides oblongum, *Spheroide allongé*). In der Physik behält man diese Namen bey, wenn auch gleich die erzeugende Figur von der elliptischen Gestalt in etwas abweicht.

Man findet durch Abmessungen die Erdkugel sphäroidisch, und bemerkt durch Fernröhre eben diese Gestalt am Jupiter und an andern Planeten, s. **Erdkugel**, **Jupiter**, **Mars**, welche die Umdrehung um ihre Axen, vermöge des daraus entstandenen Schwunges, um die Pole abgeplattet, und um den Aequator mehr erhoben hat.*)

Spiegel, Specula, *Miroirs*. Alle undurchsichtige glatte Flächen werfen das Licht so zurück, daß man in ihnen Bilder der vorliegenden Gegenstände sieht. Sie heissen daher **Spiegelflächen**, und die Körper, an denen sie sich befinden, **Spiegel**. Die Kunst muß sich begnügen, solche Flächen nur so glatt zu machen, daß Gefühl und bloße Augen nichts rauhes mehr daran unterscheiden; vollkom-

*) Herr Schröter in Lilienthal (s. Götting. gelehrte Anzeigen 111. Stück vom 12 Jul. 1790.) hat am 10. u. 15. Febr. 1790 diese abgeplattete Gestalt auch am **Saturn** wahrgenommen. Die Applattung scheint so groß, oder noch gröſser, als beym Jupiter zu seyn, und der gröſte Durchmesser in die Ebne des Rings zu fallen.

Digitized by Google

men glatte Flächen, an denen selbst das Mikroskop nichts Ungleiches zeigte, bringt weder die Natur, noch die Kunst hervor, s. Glatt, Rauh. Stillstehendes Wasser bekömmt zwar von Natur eine ebne Oberfläche, und giebt also, wenn es auf einem undurchsichtigen Grunde ruht, einen natürlichen Spiegel ab, aber die Durchsichtigkeit und Beweglichkeit des Wassers macht dabey große Hinderniße. Soll die Politur durch Menschenhände hervorgebracht werden, so schicken sich dazu nur die Oberflächen sehr dichter und fester Körper, als des Glases, der Metalle, der festen und harten Steine, des harten Holzes u. s. w. Diese Oberflächen werden mit scharfen Pulvern, z. B. feinem Sand, Schmergel, Trippel, Zinnasche ꝛc. geschliffen und polirt, und bey durchsichtigen Materien werden die Hinterflächen mit einer dazu schicklichen undurchsichtigen Masse, z. B. bey den Glasspiegeln mit einer von Queckſilber durchfressenen Zinnfolie belegt oder foliirt.

Die Spiegelflächen unterscheiden sich von rauhen Oberflächen sehr merklich in Absicht auf die Zurückstralung. Spiegel nemlich zeigen Bilder der Gegenstände, die Licht auf sie werfen; rauhe Flächen hingegen zeigen durch das Licht, das sie zurück senden, nur sich selbst. Die Ursache hievon wird aus folgendem begreiflich.

Zur Erscheinung eines Bildes gehört, daß die Lichtstralen in eben der Ordnung ins Auge des Zuschauers gelangen, als ob sie von dem Gegenstande selbst kämen, s. Bild. Soll also eine zurückstralende Fläche Bilder zeigen, so muß aus einerley Stelle derselben nur solches Licht ins Auge geworfen werden, das aus einerley Stelle des Gegenstands kömmt. Dies läst sich bey rauhen Flächen nicht gedenken. Diese können angesehen werden, als bestünden sie aus unzählbaren verschiedenen Ebnen in verschiedenen Lagen. Wenn also auf ein kleines Theilchen einer rauhen Fläche Stralen von verschiedenen Gegenständen, oder auch nur von verschiedenen Punkten eines Gegenstands, fallen, so findet jeder dieser Stralen auf diesem Theilchen eine gewisse Ebne, die ihn in eben das Auge schickt, in welches eine andere Ebne auf diesem Theilchen einen Stral von ei-

Digitized by Google

nem andern Gegenstande, oder von einem andern Punkte bringt; und so erhält eben das Auge von einerley Theilchen der rauhen Fläche Licht aus verschiedenen Gegenständen oder aus verschiedenen Punkten eines Gegenstandes zugleich. Folglich empfindet das Auge nur Licht oder Schein, wodurch die rauhe Fläche selbst sichtbar wird, aber kein Bild.

Glatte Flächen hingegen lassen sich betrachten, als bestünden sie aus Ebnen, welche alle einerley Lage hätten, oder von welchen sich doch jede zwo an einander angrenzenden in unendlich wenig verschiedenen Lagen befänden. Die Folge hievon ist, daß jedes Theilchen einer solchen Fläche nur Stralen von einerley Punkte des Gegenstandes, das zunächst daneben liegende Theilchen Stralen von dem zunächst daneben liegenden Punkte u. s. w. ins Auge bringt. Daher kommen die Stralen in eben der Ordnung ins Auge, in welcher sie vom Gegenstande auf die Fläche kommen, und das Auge wird so gerührt, als sähe es den Gegenstand selbst, oder etwas ihm ähnliches. In diesem Falle sieht es ein Bild des Gegenstands, und bemerkt die zurückwerfende Fläche selbst gar nicht.

Da es aber keine völlig glatten Flächen giebt, so behalten alle Spiegel, selbst die besten, noch etwas von der Eigenschaft rauher Flächen, d. h. sie zeigen nicht blos Bilder, sondern werden auch selbst sichtbar. Im Gegentheil giebt es rauhe Flächen, in denen doch viele Theile eine gewisse Glätte und übereinstimmende Lage haben, so daß sie, vornehmlich von leuchtenden oder stark erleuchteten Körpern, ein undeutliches Bild oder einen Widerschein, nach Art der Spiegel, zeigen.

Spiegelflächen von der Sonne erleuchtet, zeigen nach der Richtung, nach der sie das Licht zurückwerfen, das Sonnenbild selbst mit einem äußerst lebhaften Glanze; aber seitwärts betrachtet, sehen sie weit dunkler aus, als gleich stark erleuchtete rauhe Flächen. Sie würden ganz unsichtbar seyn, wenn sie vollkommne Spiegel wären; und erscheinen daher desto dunkler, je glätter sie sind. Aus eben dem Grunde scheint das Meer bey Windstillen dunk-

Digitized by Google

ler, als wenn es Wellen wirft, und die rauhen Theile der Mondfläche zeigen sich heller, als die ebnen, s. Mondflecken.

Euler (Nova theoria lucis et colorum in Opusc. varii arg. Berol. 1746. 4. §. 108. ingl. Lettres à une princesse d'Allemagne. Mietau et Leipſ. 1770. 8. Tom. I. Lettr. 24. ſqq.) ſucht hieraus zu beweiſen, daß erleuchtete dunkle Flächen nicht das auffallende Licht ſelbſt zurückſenden, ſondern durch neue in ihnen erregte Schwingungen ſichtbar werden, ſ. Licht. Er glaubt, wenn die Körper das Sonnenlicht zurückwürfen, ſo würde man nicht ſie ſelbſt, ſondern auf ihnen das Bild der Sonne ſehen müſſen, und es würde unerklärlich bleiben, warum rothe Körper lauter rothes Licht nicht nur unter dem Reflexionswinkel zurückwerfen, ſondern nach allen Seiten verbreiten, und nach allen Richtungen roth ausſehen. Allein er ſcheint hiebey gar nicht an die Eigenſchaften rauher Flächen gedacht zu haben. Jeder dunkle Körper iſt doch nur in ſo fern ſelbſt ſichtbar, als ſeine Fläche rauh iſt. Eine rauhe Fläche aber zeigt kein Bild, und reflectirt an jedem Theile nach unzählbaren verſchiedenen Richtungen, eben darum, weil ſie rauh iſt. Alſo iſt es natürlich, daß ſie kein Sonnenbild zeigt, und daß ſie das Licht, ſo ſie zurückwirft (welches bey rothen Flächen nach Newtons Erklärung blos rothes Licht iſt u. ſ. w.) nach allen möglichen Seiten und Richtungen verbreitet. Vollkommen glatte Flächen hingegen können gar keine eigne Farbe zeigen, und Spiegel von gefärbtem Glaſe färben die Bilder nur in ſo fern, als dabey das bunte Glas ſelbſt ſichtbar wird.

Jede undurchſichtige feſte Materie, die hart und fein genug iſt, läſt ſich poliren und zu einem Spiegel machen; auch wird ſie wieder blos dunkler Körper, wenn man die Oberfläche rauh macht. Spiegel erfordern alſo keine eigne Materie, die anders auf das Licht wirkte, als ſonſt dunkle Körper überhaupt. Alles kömmt blos auf Undurchſichtigkeit und Glätte der Oberfläche an.

Durchſichtige Materien werden nur dann Spiegel, wenn kein Licht von andern Gegenſtänden von hinten zu

Digitized by Google

durch sie ins Auge fallen kan. Sonst geht durch eben die Stellen, welche Licht zurücksenden, auch durchfallendes Licht von andern Körpern, das die Empfindung des Bildes undeutlich macht. So spiegeln glatte Fensterscheiben, wenn man sie von der Seite besieht, in welchem Falle nur wenig Licht durchgehen kan, oder wenn man ihre Hinterfläche mit einem dunkeln Körper verdeckt. Dieser Körper muß, wenn man gute Spiegel erhalten will, selbst eine sehr glatte Fläche annehmen, und sich mit dieser möglichst genau an die Spiegelfläche anschließen. Bey den gewöhnlichen Glasspiegeln wird diese Absicht durch die Belegung mit einem Amalgama von Zinn und Queckſilber sehr gut erreicht.

Weil aber kein Körper völlig durchsichtig ist, s. **Durchsichtig**, vielmehr ein jeder schon an der Vorderfläche einiges Licht zurückwirft, so machen alle Spiegel aus durchsichtigen Materien, z. B. aus Glas ꝛc. doppelte Bilder, eines durch ihre vordere, das andere durch ihre hintere Fläche, und sind daher nicht sonderlich geschickt zu Werkzeugen, welche scharfe und genaue Bilder machen sollen.

Die Spiegel werden nach der Gestalt ihrer Flächen in ebne oder **Planspiegel** und krumme Spiegel getheilt. Die krummen Spiegel sind sphärische oder **Kugelspiegel**, cylindrische, konische, paraboliſche u. s. w. je nachdem die spiegelnde Fläche einer Kugel, oder einem Cylinder, Kegel, Paraboloid u. s. w. zugehört. Alle diese krummen Spiegel sind **Hohlspiegel**, wenn die hohle, erhabne **Spiegel** oder **Converspiegel**, wenn die erhabne Seite der Fläche zum Spiegel dienet. Hier sind nur noch die Erscheinungen an den Planspiegeln und Converspiegeln zu erklären, da von den sphärischen und paraboliſchen Hohlspiegeln unter eignen Artikeln gehandelt worden ist, s. **Hohlspiegel**, **Paraboliſche Spiegel**.

Ebne Spiegel.

Der **ebne** oder **Planspiegel** (Speculum planum, *Miroir plan*) SV Taf. XXII. Fig. 15. sendet alle Lichtstralen,

die ein stralender Punkt C auf ihn wirft, dergestalt zurück, als ob sie sämmtlich aus dem hinter dem Spiegel befindlichen Punkte I kämen, dessen senkrechter Abstand von der Spiegelfläche (oder IA) eben so groß ist, als der senkrechte Abstand des stralenden Punkts C von eben dieser Fläche, oder als CA, und der in der verlängerten Linie CA liegt.

Man betrachte z. B. den von C auf die Spiegelfläche kommenden Stral CG. Dieser wird nach dem Gesetze der Zurückstralung, s. Zurückwerfung, unter eben dem Winkel reflectirt, unter welchem er auf den Spiegel fällt, und bleibt zugleich in der Zurückstralungsebne. Wenn nun CA das aus dem stralenden Punkte C auf die Spiegelfläche SV gefällte Loth vorstellt, so ist die Fläche des Papiers selbst die Zurückstralungsebne, und der zurückgeworfene Stral muß den Weg GK nehmen, für welchen x = o ist. Verlängert man CA und GK so weit, bis sich beyde in I schneiden, so haben die beyden rechtwinklichten Dreyecke CAG und IAG die Seite AG gemein und bey G gleiche Winkel, weil y der Vertikalwinkel von x = o ist. Daher ist auch IA = CA.

Weil eben dieses auch für die übrigen von C einfallenden Stralen CE, CF ꝛc. statt findet, so ist I für sie alle eben derselbe Punkt. Die zurückgeworfenen Stralen GK, FL, EH treffen verlängert in diesem I zusammen, und kommen in jedes Auge so, als ob sie aus I ausgegangen wären. Daher sieht jedes Auge ein Bild von C in I, dem Punkte C gerade gegen über, und eben so weit hinter dem Spiegel, als C vor demselben liegt.

Dieser Ort des Bildes im Planspiegel liegt sowohl in der Spitze des Kegels KIH, den die zurückgeworfenen Stralen bilden (in vertice coni reflexi), als auch im Durchschnittspunkte des ins Auge kommenden Strales KG oder LF mit dem verlängerten Lothe CA. Für den Planspiegel ist also Barrows Theorie vom Orte des Bildes eben sowohl richtig, als der Grundsatz der Alten, s. Bild (Th. I. S. 354).

Steht also vor dem Planspiegel ein Gegenstand Cc, so hat jeder Punkt desselben, z. B. c, gegen des Spiegels

vordere Seite eben die Lage, welche sein Bild i gegen des Spiegels hintere Seite hat. Nimmt man im Gegenstande selbst eine Reihe Punkte von C bis c, so findet sich vollkommen eben die Reihe von Punkten im Bilde Ii; oder das Bild ist dem Gegenstande gleich und ähnlich. Man sieht also im Planspiegel die Dinge vollkommen so, als ob sie eben so weit hinter dem Spiegel stünden, als sie vor demselben stehen, ohne Aenderung ihrer Gestalt und scheinbaren Größe, nur mit scheinbarer Verwechselung der rechten und linken Seite, weil das Bild seine Vorderseite gegen des Spiegels Hinterfläche kehrt.

Hieraus erklärt man sehr leicht eine Menge Erscheinungen im einzelnen Planspiegel. Ist der Gegenstand gegen die Spiegelfläche geneigt, so scheint das Bild unter eben dem Winkel gegen die hintere Fläche des Spiegels geneigt, und macht also mit dem Gegenstande selbst einen doppelt so großen Winkel. Daher scheinen in Spiegeln, welche mit dem Horizonte Winkel von 45° machen, stehende Dinge zu liegen, liegende aufrecht zu stehen, fallende Körper horizontal fortzulaufen u. d. gl. Liegt der Spiegel selbst wagrecht, so erscheinen aufrechtstehende Gegenstände umgekehrt, wie sich Bäume, Häuser u. dergl. in der Oberfläche des Wassers spiegeln. Ein Spiegel, wagrecht an der Decke des Zimmers angebracht, zeigt die Dinge auf dem Fußboden, über der Decke in umgekehrter Stellung schwebend, und eine auf den Boden fallende Kugel sieht man darinn in die Höhe steigen.

Eine Kugel, welche auf der schiefen Fläche SB Taf. XXII. Fig. 16. von A nach B herabrollt, scheint im Spiegel SV lothrecht von a nach b aufzusteigen, wenn die Richtung des Spiegels SV den Winkel bSB halbirt. Hiezu muß also der Winkel des Spiegels mit der Vertikallinie bS, oder $x = \frac{1}{2}\,bSB = \frac{1}{2}\,(90° + m) = 45° + \frac{1}{2}\,m$ seyn. Ist z. B. die Fläche SB gegen den Horizont um 30° geneigt, so wird erfordert, daß der Spiegel mit der Scheitellinie einen Winkel von $45° + 15° = 60°$, also mit dem Horizonte auch einen von 30° mache. Kan man dem Auge die Fläche mit der Kugel verbergen, und den Spiegel

Digitized by Google

ſelbſt (von dem nur ein Stück, wie CD, da ſeyn darf) geſchickt verkleiden, daß der Zuſchauer ins Freye zu ſehen glaubt, ſo laſſen ſich die Täuſchungen in dieſer Art ſehr weit treiben.

Um ſich ſelbſt ganz zu überſehen, oder überhaupt einen Gegenſtand AB Taf. XXII. Fig. 17, der mit dem Auge A gleiche Entfernung vom Spiegel CD hat und mit demſelben parallel ſteht, ganz zu erblicken, muß der Spiegel CD wenigſtens die halbe Länge und Breite des Gegenſtandes haben. Denn da das Bild ab = AB, und Ca = CA iſt, ſo folgt CA = $\frac{1}{2}$ Aa und CD = $\frac{1}{2}$ ab = $\frac{1}{2}$ AB. Dies gilt, ſo groß auch immer die Entfernung des Gegenſtands und Auges vom Spiegel ſeyn mag, wenn nur beyde unter einander gleich bleiben.

Die Gleichheit des Einfalls- und Zurückſtralungswinkels giebt auch ein Mittel, zugängliche Höhen durch Planſpiegel zu meſſen. Legt man nämlich einen Planſpiegel C Taf. XXII. Fig. 18. horizontal, und geht auf wagrechtem Boden ſo weit zurück, bis das Auge in D die Spitze oder den Gipfel der Höhe A im Spiegel C erblickt, ſo bilden ſich die rechtwinklichten Dreyecke ABC und DEC, welche wegen der gleichen Winkel o und x ähnlich ſind. Man hat daher

EC : DE = CB : AB

wo die drey erſten Glieder, Abſtand des Standorts vom Spiegel, Höhe des Auges und Abſtand des Spiegels vom Grunde der Höhe AB, gemeſſen werden können, und mittelſt der Regel Detri die geſuchte Höhe AB, als das vierte Glied, geben.

Ebne Glasſpiegel geben von jedem Gegenſtande wenigſtens zwey Bilder. Es ſey Taf. XXII. Fig. 19, bd die vordere, BD die Hinterfläche eines Glasſpiegels, ſo wird der Punkt C von der Vorderfläche in i, von der Hinterfläche in I abgebildet, und es iſt ai = Ca, AI = CA, mithin iI = 2a A, oder der Abſtand beyder Bilder der doppelten Dicke des Glaſes gleich. Steht das Auge in CA ſelbſt, ſo decken ſich beyde Bilder; ſteht es ſeitwärts in O, ſo rücken ſie um den Geſichtswinkel iOI auseinander, welcher deſto größer iſt, je näher das Auge dem Spiegel

Digitized by Google

und je mehr es dem Lothe CA zur Seite steht. Man sieht dieses doppelte Bild deutlich, wenn man eine Lichtflamme vor den Spiegel hält, und von der Seite flach dagegen sieht. Das vordere Bild ist weit schwächer, als das hintere, weil es nur die wenigen Stralen enthält, welche nicht durch die Vorderfläche des Spiegels gehen.

Ausser diesen Bildern erscheinen gewöhnlich noch mehrere in K, L u. s. w. weil die Vorderfläche des Spiegels bd selbst diejenigen Stralen, die von der hintern Fläche BD zurück kommen, nicht alle durchläst, sondern einen Theil davon wieder zurücksendet, der zum zweytenmale von BD reflectirt wird, und ein drittes Bild in K veranlasset. Auch von diesem Theile Stralen werden wiederum einige von bd zurück und zum drittenmale auf BD geworfen, daher das vierte Bild in L entsteht u. s. w. So sieht man von der Lichtflamme C eine Reihe Bilder i, I, K, L u. s. f. hinter einander, worunter das zweyte I das lebhafteste ist. Die folgenden K, L ꝛc. werden der Ordnung nach immer schwächer, bis sie sich endlich ganz verlieren.

Die Verbindung mehrerer Planspiegel giebt ebenfalls eine Menge merkwürdiger und angenehmer Erscheinungen, von denen einige bey dem Worte **Spiegelkasten** angeführt werden.

Unstreitig sind die metallnen Spiegel die ältesten (Plin. H. N. XXXIII. 9.); doch haben auch die gläsernen ein hohes Alter, und scheinen nach des **Plinius** Nachricht bey der Glasofficin zu Sidon erfunden zu seyn (Plin. H. N. XXXVI. 26. Aliud vitrum flatu figuratur, aliud torno teritur, aliud in argenti modum cælatur, Sidone *quondam* illis officinis nobili, siquidem et *specula excogitaverat.*) Anfänglich machte man das Glas nur durch eine sehr dunkle Farbe undurchsichtig, wie denn auch geschliffene Steine von dunkler Farbe zu Spiegeln gebraucht wurden; hernach übergoß oder überzog man die hintere Fläche mit Bley. Diese Art Spiegel scheint im mittlern Zeitalter die gemeinste gewesen zu seyn. **Vincenz von Beauvais** sagt in seinem um 1240 geschriebenen Speculum naturale: „Inter omnia melius est speculum ex vitro et plumbo.

Digitized by Google

„Quando ſuperfunditur plumbum vitro calido — efficitur altera parte terminatum valde radioſum"; und Johann Peckham führt in ſeiner, ebenfalls im dreyzehnten Jahrhunderte geſchriebenen, Perſpectiva communis, beſonders an, daß man auch Spiegel aus Eiſen und Stahl machen könne, die alſo damals nicht mehr die gebräuchlichſten geweſen ſeyn können. Noch lange Zeit hernach verfertigte man die gemeinſten Spiegel ſo, daß man in die noch weiche Glasblaſe Harz oder Colophonium warf, ſogleich ein Gemenge von Bley und Spießglas hineingoß, die Blaſe herumſchwenkte und zu kleinen Spiegeln zerſchnitt. Die Belegung mit Zinnblättern und Queckſilber ſoll erſt im 14ten Jahrhunderte erfunden ſeyn, obgleich die Alten das Amalgama ſchon kannten, auch wuſten, daß ſich Queckſilber am beſten in gläſernen Gefäßen aufbewahren ließ, wobey man an dem mit dieſem Metall gefüllten Glaſe den ſchönſten Spiegel haben muſte. Die Kunſt, Glastafeln zu Spiegeln zu gießen, iſt im Jahre 1688 von Abraham Thewart in Frankreich erfunden. In neuern Zeiten iſt man durch die Erfindung der Spiegelteleſkope wieder auf den Gebrauch und die Verbeſſerung der Metallſpiegel gekommen, ſ. Spiegelteleſkop.

Erhabne Spiegel.

Der erhabne oder Converſpiegel (Speculum convexum, *Miroir convexe*) iſt ein krummer Spiegel, deſſen Fläche nach der Vorderſeite zu erhaben iſt. Die Krümmung kan ſphäriſch, paraboliſch, elliptiſch, hyperboliſch ꝛc. ſeyn. Gemeiniglich werden nur ſphäriſche Converſpiegel, oder erhabne Kugelſpiegel (Specula ſphaerica convexa) gebraucht, welche am leichteſten zu verfertigen ſind, wenn man nach Wolfs Vorſchrift (Elem. Catoptr. Cap. III. Probl. 15.) dünne hohle Glaskugeln auf der innern Seite mit einem Amalgama von Queckſilber, Zinn und Wißmuth belegt, welches durch bloßes Eingießen des ſehr flüßigen Amalgama und Herumſchwenken der Kugel bewerkſtelliget werden kan.

Digitized by Google

Parallelſtralen, welche auf die Fläche eines erhabnen Kugelſpiegels fallen, werden von derſelben ſehr divergent zurückgeworfen. Der Sonne ausgeſetzt geben alſo dieſe Spiegel eine weiter ausgebreitete, aber ſehr ſchwache Erleuchtung.

Was die Bilder der in ſolchen Spiegeln geſehenen Gegenſtände betrift, ſo hat man darüber zweyerley Grundſätze, indem Euklids Katoptrik den Ort des Bildes dahin ſetzt, wo der vom Spiegel zurückgeworfene Stral das vom ſichtbaren Punkte auf die Spiegelfläche gefällte Loth ſchneidet, Barrow aber dieſen Ort in der Spitze des von den zurückgeworfenen Stralen gebildeten Kegels annimmt, ſ. Bild. Herr Käſtner (De obiecti in ſpeculo ſphærico viſi magnitudine apparente, Comm. Nov. Gotting. To. VIII. 1777.) hat gezeigt, daß es in ſphäriſchen Spiegeln, wenn gleich die Lage des ſichtbaren Punkts beſtimmt iſt, dennoch keine eigentliche oder gemeinſchaftliche Spitze aller Stralenkegel gibt: inzwiſchen laſſen ſich doch relative Orte der Bilder (ſ. Ort, ſcheinbarer) gedenken, um welche die Zerſtreuungspunkte der reflectirten Stralen am dichteſten beyſammen ſind, und man irrt wenigſtens nicht ſehr, wenn man annimmt, daß dieſe Orte in das Perpendikel von dem ſichtbaren Punkte auf die Fläche des Spiegels (oder hier in den nach dem ſichtbaren Punkte zu gehenden Halbmeſſer des Spiegels) fallen.

Dies vorausgeſetzt, ſey Taf. XXIII. Fig. 20. SV der Durchſchnitt eines erhabnen Kugelſpiegels mit der Zurückſtralungsebne; C der Mittelpunkt des Spiegels; AB ein Gegenſtand vor dem Spiegel, aus deſſen Endpunkten die Halbmeſſer AC, BC beyde auf die Spiegelfläche ſenkrecht gezogen ſind. Die aus A auf den Spiegel fallenden divergirenden Stralen AR, AG werden nach der Zurückwerfung mehr divergent, faſt ſo, als ob ſie aus einem nähern Punkte des Perpendikels I herkämen. So wird dem Auge O, das dieſe Stralen auffaßt, das Bild von A ohngefähr um I zu liegen ſcheinen; und eben ſo wird das Bild von B hinter dem Spiegel in M auf der Linie CB erſcheinen. Der Gegenſtand bildet ſich alſo hinter dem Spiegel in IM auf-

recht und verkleinert ab. Je weiter AB vom Spiegel abrückt, deſto weniger divergiren die reflectirten Stralen, deſto weiter rücken alſo die Vereinigungspunkte I und M gegen C hin, und deſto ſtärker wird die Verkleinerung. Auch verkleinern ſolche Spiegel deſto mehr, je kleiner ihr Halbmeſſer iſt.

Man kan ſich von dieſen Wirkungen der erhabnen Kugelſpiegel leicht überzeugen, wenn man kugelrunde Knöpfe mit polirter Vergoldung, Uhrgehäuſe u. dergl. betrachtet. Die Gegenſtände zeigen ſich darinn, wie in einem Miniaturgemählde, und ſcheinen nahe hinter der Fläche des Spiegels zu liegen; doch wird ihre Geſtalt und Lage, beſonders gegen den Rand des Spiegels zu, etwas verzerrt und unregelmäßig.

Nimmt man Euklids Grundſatz über den Ort des Bildes für richtig an, ſo ſcheint es Fälle zu geben, in welchen das Bild auf der Fläche des Spiegels ſelbſt, oder gar auſſerhalb des Spiegels erſcheinen müſte, wenn nemlich der Winkel des Loths AC mit dem in den Einfallspunkt R gezogenen Halbmeſſer CR, dem doppelten Winkel des einfallenden Strals AR mit der Spiegelfläche gleich, oder noch größer, als dieſes Doppelte, iſt (d. i. wenn ACR = 2ART, oder gar > 2ART). **Wolff** (Elem. Catoptr. §. 168. Schol.) glaubt, dieſes wirklich beobachtet zu haben. Er hielt ein Stück Silberdrath ſehr nahe und ſchief an die Fläche eines erhabnen Kugelſpiegels, und ſahe das Bild den Drath ſelbſt berühren, obgleich der Drath den Spiegel nicht berührte. Es fallen aber alle Verſuche hierüber ſo zweifelhaft aus, daß man nicht mit Zuverläßigkeit entſcheiden kan. Auch iſt zu bemerken, daß das Bild in dieſen Fällen nicht auf oder vor der Vorderfläche erſcheinen kan, ſondern die Meinung iſt, daß es an der vom Auge abgewendeten Seite der Spiegelkugel erſcheine, z. B. dem Auge O in der 20ſten Figur bey S. Nach **Barrows** Grundſatze muß das Bild allezeit innerhalb des Spiegels erſcheinen.

Das Bild einer geraden Linie, welche auf der Spiegelfläche ſenkrecht ſteht, ſoll nach Euklids Grundſatze, auch

im Spiegel, als eine gerade Linie erscheinen, weil alle Punkte von ihm in einerley Loth auf die Spiegelfläche, nemlich in die Verlängerung der abgebildeten Linie selbst, fallen. Nach **Barrow** hingegen bekömmt das Bild, von jeder Seite betrachtet, einige Krümmung. Die Erfahrung entscheidet auch hiebey nicht deutlich. Beyde Theorien stimmen darinn überein, daß das Bild einer solchen Linie, wenn sie auch unendlich lang wäre, doch nicht länger, als der halbe Radius des Spiegels, erscheinen könne; daher im erhabnen Kugelspiegel überhaupt kein Bild weiter hinter seiner Fläche erscheint, als um die Helfte des Halbmessers.

Cylindrische Spiegel lassen sich der Länge nach als Planspiegel, der Queere nach als sphärische betrachten, weil man nach jener Richtung auf ihnen lauter gerade Linien mit der Axe parallel, nach dieser lauter Kreise mit der Grundfläche parallel, ziehen kan. Daher zeigen sich in ihnen die Gegenstände der Länge nach in ihrer wahren Gestalt und Größe, der Queere nach verkleinert.

Konische Spiegel stellen der Länge nach eine Menge ebner, der Queere nach eine Menge erhabner Spiegel dar, deren Durchmesser nach der Spitze des Kegels hin immer kleiner werden. Daher erscheinen die Gegenstände in ihnen so, daß die gegen die Spitze zu gesehenen Theile der Queere nach immer stärker verkleinert oder zusammengezogen werden, indem sie der Länge nach ihre eigentliche Größe behalten. Ein Viereck z. B. erscheint als ein unregelmäßig verzerrtes Dreyeck oder Trapezium.

Von Bildern, welche vom Auge unmittelbar betrachtet verzerrt aussehen, im cylindrischen oder konischen Spiegel aber eine ordentliche Gestalt bekommen, s. **Anamorphosen.**

Käſtner Anfangsgr. der Katoptrik. Dritte Aufl. Götting. 1780. 8. S. 236. u. f.

Briſson Dictionnaire raiſonné de Phyſique, Art. *Miroir.*

Beckmann Anleitung zur Technologie. Dritte Ausgabe. Göttingen, 1787. 8. S. 341. u. f.

Digitized by Google

Spiegelcabinet, Spiegelkaſten, Ciſtula catoptrica, *Boite catoptrique*, *Caiſſe catoptrique*, *Cabinet de glace.* Man giebt dieſen Namen allen mit Wänden umſchloßenen Räumen, in welchen mehrere Planſpiegel ſo angebracht ſind, daß ſie die Bilder der Gegenſtände vervielfältigen. Man bekleidet entweder große Zimmer und Säle ſo mit Spiegeln, daß die Gegenſtände darinn faſt ins Unzählbare vervielfältiget werden (**Spiegelzimmer, Spiegelſäle**), oder man richtet kleine portative Spiegelkaſten ſo ein, daß der von auſſen hineinſehende Zuſchauer mehrere Gegenſtände, ſtatt eines einzigen, erblickt. Die ganze Sache beruht auf der Vervielfältigung der Bilder durch zween oder mehrere Planſpiegel.

Wenn man zween Planſpiegel einander parallel gegenüber ſtellt, ſo werden die Stralen, die ein dazwiſchenliegender Gegenſtand ausſendet, unaufhörlich von einem Spiegel zum andern zurückgeworfen. Alſo ſieht ein Auge, das ſich ebenfalls zwiſchen den Spiegeln befindet, den Gegenſtand in beyden durch einmal, zweymal, dreymal u. ſ. w. hin und her reflectirte Stralen, oder es erſcheint ihm in jedem Spiegel eine Reihe von unzählbaren Bildern des Gegenſtands, unter denen die hintern immer ſchwächer werden (weil doch bey jeder Reflexion etwas Licht verlohren geht), ſo daß man die letzten wegen ihrer Schwäche und Dunkelheit nicht mehr wahrnehmen kan. So bildet eine brennende Kerze zwiſchen parallelen Spiegeln in jedem eine geradlinigte Reihe von faſt unzählbaren Lichtflammen ab.

Wenn die Ebnen beyder Spiegel einen Winkel mit einander machen, ſo bleiben die vervielfältigten Bilder nicht mehr in einer geradlinigten Reihe, ſondern ſtellen ſich in einen Kreisbogen, der den Abſtand des Gegenſtands von der Spitze des Winkels zum Halbmeſſer hat, und es können in jedem Spiegel nur ſo viel Bilder geſehen werden, als in dem hinter dem Spiegel liegenden Halbkreiſe Platz haben. Daher ſieht man in ſolchen Spiegeln ſtatt eines Lichts mehrere in einem Kreiſe ſtehende, ſtatt eines gleichſchenklichten Dreyecks, deſſen Winkel an der Spitze in den Winkel beyder Spiegel paſſet, ein ganzes Polygon u. ſ. w. Die Geſetze

Digitized by Google

dieſer Vervielfältigung waren Trabern (Nerv. Optic. L. II. cap. 4. 5.) und andern, welche mühſam darüber geſchrieben haben, nur ſehr unvollkommen bekannt; Herr Käſtner (De multiplicatione imaginum ope duorum ſpeculorum planorum in Diſſ. mathem. et phyſ. Altenburg. 1757. 4. no. II. p. 8.) hat gezeigt, wie ſie ſich kurz und allgemein finden laſſen. Wenn der Winkel beyder Spiegel ein aliquoter Theil von 360°, z. B. der nte iſt, ſo iſt die Anzahl der Bilder = n — 1.

Hierauf gründet ſich die Einrichtung mehrerer Spiegelkaſten, welche unter die älteſten katoptriſchen Spielwerke gehören. Es wird genug ſeyn, zwo Arten davon zu beſchreiben.

Ein Kaſten, in Form eines vieleckigten ſenkrechten Prisma, wird durch Diagonalwände, die ſich alle in der Axe des Prisma ſchneiden, in ſo viel dreyeckigte Zellen getheilt, als Seitenflächen da ſind. Man überlegt dieſe Diagonalwände auf beyden Seiten mit Spiegelglas, bohrt in die Seitenflächen Löcher, wodurch man in die Zellen ſehen kan, ſtellt in jede Zelle einen andern Gegenſtand, und bedeckt den Kaſten von oben mit dünnem Pergamen, Leinwand oder Gaze, welche das Licht durchfallen läſt. Man ſieht alsdann durch jedes Loch einen Schauplatz, eben ſo groß, als den ganzen Kaſten, der doch jedesmal mit andern Gegenſtänden erfüllt iſt.

Oder es werden in einem Kaſten von eben der Form, aber ohne Diagonalwände, blos die innern Seitenflächen mit Spiegelglas belegt, wovon man an den Löchern die Belegung abſchabt, um in das Innere ſehen zu können. Mitten in den Kaſten wird ein einzelner Gegenſtand, z. B. eine Puppe, ein Vogel im Keſicht u. dergl. geſtellt. Siehet man nun durch ein Loch hinein, ſo erſcheint der Gegenſtand unglaublich vervielfältiget, und man ſieht ein ganzes Herr von Puppen oder Vögeln. Da parallel geſtellte Spiegel die ſtärkſte Vervielfältigung geben, ſo ſchicken ſich zur Form des Kaſtens am beſten Polygone mit gerader Anzahl von Seiten z. B. das Sechseck, Achteck ꝛc.

Digitized by Google

weil bey ſolchen die gegenüberſtehenden Seiten gleichlaufend ſind.

Man erklärt hieraus leicht die Einrichtung der Spiegelſäle, in denen eine Menge groſſer einander gegenüber geſtellter Spiegel die Bilder der Kronleuchter u. ſ. w. ins Unzählbare vervielfältiget.

Wolf Elem. Catoptricæ. Probl. 11. 12. 14.

Ozanam Recreations mathem. et phyſ. ed. Paris, 1735. 8 maj. Probl d'Optique XVII. XVIII. p. 365. ſqq.

Spiegelmikroſkop, ſ. Mikroſkop.

Spiegelteleſkop, reflectirendes Teleſkop, **Reflector**, Teleſcopium catadioptricum ſ. reflectens, *Teleſcope catoptrique ou catadioptrique*, *Teleſcope de reflexion*, engl. Reflecting teleſcope, Reflector. Ein Fernrohr, in welchem, ſtatt des Objectivglaſes, Spiegel gebraucht werden. Weil bey Spiegeln mit Gläſern verbunden, die Wirkung theils katoptriſch theils dioptriſch iſt, ſo giebt man ſolchen Werkzeugen den zuſammengeſetzten Namen der katadioptriſchen. **Teleſkop** iſt zwar eine allgemeine Benennung aller Fernröhre, unter der aber ſehr oft die reflectirenden vorzugsweiſe verſtanden werden. So redet man von gregorianiſchen und newtoniſchen **Teleſkopen**; dagegen nennt man ein Inſtrument nicht gern Teleſkop, lieber Fernrohr oder Tubus, wenn es nur Gläſer, und keine Spiegel hat. Der Name **Reflector** iſt neuerlich aus der engliſchen Sprache herübergenommen.

Auf den Gebrauch der Spiegel in Fernröhren verfiel zuerſt der P. **Merſenne** (Vniverſae Geometriae, mixtaeque Mathematicae Synopſis. Paris 1644. 4. in Catoptrica, prop. VII.). Er ſagt daſelbſt, man könne einen groſſen paraboliſchen Hohlſpiegel mit einem kleinern ebenfalls paraboliſchen Conver- oder Hohlſpiegel, und allenfalls noch mit einem kleinen Planſpiegel, ſo verbinden, daß das Ganze, wie ein Fernrohr, entlegne Dinge vergrößert darſtelle. In ſeiner Balliſtik giebt er ſogar eine Abbildung hiezu, wo nahe am Brennpunkte einer groſſen Parabel eine andere kleinere ſteht, welche Parallelſtralen, die von jener

Digitized by Google

convergent reflectirt werden, wieder parallel zurückwirft, und ſo durch eine in der großen Parabel befindliche Oefnung ins Auge ſendet. Nach dieſem Vorſchlage ſollte das Inſtrument nur Spiegel allein, und gar keine Gläſer, enthalten.

Merſenne ſcheint auf dieſen Gedanken ſchon 1639 gekommen zu ſeyn. Wenigſtens finden ſich unter Descartes Briefen zween an ihn gerichtete (*Renati Descartes* Epiſtolae. Amſt. 1682. 4. P. II. Epiſt. 29 et 32), denen zwar das Datum fehlt, die aber doch nach ihrem Zuſammenhange mit den übrigen in die Mitte des Jahres 1639 geſetzt werden müſſen. Im erſten dieſer Briefe äuſſert Descartes, die von Merſenne vorgeſchlagnen Spiegel würden weniger leiſten, als die Fernröhre mit Gläſern, 1. weil man das Auge nicht nahe genug an den kleinen Spiegel bringen, 2. weil man ſie nicht in Röhren faſſen, und das Licht von den Seiten abhalten könnte, 3. weil ſie eben ſo lang, als die gewöhnlichen Fernröhre, ſeyn müſten, daher ihre Verfertigung eben ſo viel Schwierigkeit haben würde, 4. weil durch die Reflexion viel Licht verlohren gehe. Dieſe Einwürfe hatte Merſenne beantwortet und der zweyte Brief enthält nun Descartes Erinnerungen über dieſe Antwort. Die Einwürfe ſind, den vierten ausgenommen, eben nicht von großer Erheblichkeit; inzwiſchen können ſie doch den P. Merſenne abgehalten haben, die Ausführung des Vorſchlags zu verſuchen.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts ſuchte man die Abweichung der dioptriſchen Fernröhre unter andern durch hyperboliſche Objectivgläſer zu verbeſſern, ſ. Abweichung, dioptriſche (Th. I. S. 13). Dieſe Gläſer muſten, ihrer Geſtalt wegen, um die Mitte ſehr dick ausfallen, dadurch eine Menge Licht wegnehmen, und die Helligkeit der Bilder ungemein ſchwächen. Ueberdies waren alle Verſuche der Künſtler, den Gläſern ſolche Geſtalten zu geben, mißlungen. Durch dieſe Umſtände fand ſich Jacob Gregory im Jahre 1663 veranlaſſet, Spiegel anſtatt der Gläſer vorzuſchlagen. Es iſt nicht wahrſcheinlich, daß ihm die Schriften des Merſenne hiezu Anleitung gege-

Digitized by Google

ben haben; auch wollte er nicht blos Spiegel, sondern eine Verbindung von Spiegeln und Gläsern brauchen, und die Briefe des Descartes, die erst 1656 in Holland gedruckt wurden, konnten ihm damals noch gar nicht bekannt seyn.

Gregory glaubte, es werde leichter seyn, paraboliſche und elliptiſche Spiegel zu machen, als hyperboliſche Gläſer. Er ſchlug daher (*Jac. Gregorii* Optica promota cum append. ſubtilium Problematum aſtronom. Londini, 1663. 4.) ein Teleſkop mit zween metallnen Spiegeln vor. Der größere paraboliſche Hohlſpiegel ſollte die Parallelſtralen, welche von jedem Punkte des Gegenſtandes kämen, zuſammenlenken. In der Axe jenes erſten ſollte der Mittelpunkt eines kleinern elliptiſchen Hohlſpiegels ſtehen, der dieſe Stralen zurückſenden, und ein Bild des Gegenſtandes nicht weit vor dem großen Hohlſpiegel entwerfen würde. Der große Hohlſpiegel ſollte in der Mitte durchbohrt ſeyn, um ein Augenglas in der Oeffnung anzubringen, wodurch das Bild, wie in einem gewöhnlichen Fernrohre, betrachtet würde. Gregory konnte aber dieſen Vorſchlag nicht wirklich ausführen, weil er ſelbſt zu wenig mechaniſche Geſchicklichkeit beſaß. Zwar bekam er einen metallnen Objectivſpiegel, nebſt andern kleinen, von Reives und Cox geſchliffen; aber ſie waren nur ſphäriſch und nicht gut polirt. Er machte unvollkommne Verſuche damit, ohne ſie einmal in eine Röhre zu faſſen, und gab endlich aus Unmuth über den Mangel paraboliſcher Spiegel die ganze Sache auf.

Newton entdeckte inzwiſchen im Jahr 1666, daß die Abweichung der dioptriſchen Fernröhre größtentheils von der Farbenzerſtreuung abhange, und da ihn ſeine Verſuche verleiteten, dieſe Abweichung bey bloßen Gläſern für unvermeidlich zu halten, ſo gab er von dieſer Zeit an die Verbeſſerung der Gläſer gänzlich auf, und wandte dagegen alle ſeine Aufmerkſamkeit auf den Gebrauch der Spiegel. Hiebey war ihm Gregory's Vorſchlag nicht unbekannt; er blieb aber doch bey der ſphäriſchen Geſtalt ſtehen, weil er die Schwierigkeiten, Spiegeln die Figur der Kegelſchnitte zu geben, für allzugroß anſahe. Es glückte ihm

Digitized by Google

bald, ein Teleſkop mit einem Metallſpiegel zu Stande zu bringen, welches 30 bis 40 mal vergrößerte, und am 18ten Jan. 1672 von der königlichen Societät zu London mit Beyfall aufgenommen ward (ſ. The hiſtory of the royal Society in London by *Thom. Birch.* Lond. 1756. 4maj. Vol. III. p. 4.). Seine eigne Beſchreibung dieſes Werkzeugs findet ſich in den Transactionen (A new catadioptrical Teleſcope, Phil. Trans. No. 82. p. 4004. Mart. 1672.) und etwas abgeändert in ſeiner Optik (L. I. P. I. Prop. VIII. Probl. 2.).

Taf. XXIII. Fig. 21. iſt abcd ein hohler Metallſpiegel, der in den Boden einer inwendig geſchwärzten Röhre vxyz eingeſetzt wird. Weiter vorwärts in dieſer Röhre wird der ebne Metallſpiegel fg von dem Träger k gehalten, an dem die von abcd reflectirten Parallelſtralen pq, rs ſeitwärts abprallen, und ſich in t zu einem Bilde vereinigen. Dieſes t iſt zugleich der Brennpunkt des planconvexen Augenglaſes lk, durch welches das Bild in t vom Auge betrachtet wird. In dieſes newtoniſche Teleſkop ſieht man alſo nicht gerade auf den Gegenſtand pr zu, ſondern an der Seite hinein, welches zwar das Suchen der Objecte ſchwer macht, dagegen aber zu Betrachtung hoher Gegenſtände ſehr bequem iſt, weil das Auge hoch ſteht, wenn die Axe des Inſtruments gegen das Zenith gerichtet iſt.

Da Newton durch Metallſpiegel die geſuchte Deutlichkeit nicht erhielt, ſo empfahl er in der Optik ſtatt abcd ein Glas, das an der Vorderſeite hohl, an der Hinterſeite erhaben, an allen Stellen gleich dick, und auf der Hinterſeite mit Queckſilber belegt wäre, ſtatt des Planſpiegels fg aber ein gläſernes Prisma efg, das die Stralen von der Fläche fg zurückwürfe. Die Stralen läſt er hinter dem Augenglaſe durch ein dünnes Loch in einer Metallplatte gehen, um die vom Rande der Spiegel kommenden aufzufangen, und das Bild deutlicher zu machen. Er ſagt, ein ſolches Inſtrument, 6 Fuß lang (vom Spiegel bis zum Prisma, und von da bis t gerechnet) vertrage, wenn es gut gearbeitet ſey, eine Oefnung von 6 Zoll am Spiegel, und vergrößere 200 – 300 mal. Der Spiegel müſſe

1 — 2 Zoll breiter, als die Oeſnung, und das Glas ſo dick ſeyn, daß es ſich bey der Bearbeitung nicht biege. Die Fläche fg ſey nicht zu foliiren, weil ſich das Prisma auch ohne Belegung ſo ſtellen laſſe, daß alle Stralen reflectirt würden.

Als Newtons Erfindung bekannt ward, eignete ſich Caſſegrain in Frankreich (Journal des Scavans 1672.) eine Entdeckung zu, welche mit Gregory's Vorſchlage übereinſtimmt, nur daß ſtatt des paraboliſchen und elliptiſchen Hohlſpiegels, ein durchbohrter ſphäriſcher Hohlſpiegel und ein kleiner Converſpiegel gebraucht wird. Dieſes caſſegrainſche Teleſkop wird um die doppelte Brennweite des kleinen Spiegels kürzer, als das gregorianiſche, zeigt aber die Gegenſtände umgekehrt. Newton (Philoſ. Trans. No. 83. p. 4057. May 1672.) macht einige Einwendungen gegen dieſe Einrichtung, welche zum Theil auch die gregorianiſche treffen, die ſich doch in der Folge vortreflich bewieſen hat. Die Engländer beſchuldigten Caſſegrain, er habe Gregory's Erfindung nachgeahmt, und den Converſpiegel nur gewählt, um ſie abzuändern, und für die ſeinige auszugeben. Montucla ſchreibt dem caſſegrainſchen Teleſkop Vorzüge vor dem newtoniſchen und gregorianiſchen zu, weil es kürzer ſey, und der Converſpiegel durch die verminderte Convergenz der Stralen das Bild vergrößere. Nach Michell's Bemerkung aber, welche Prieſtley anführt, wird die Abweichung wegen der Geſtalt des großen Hohlſpiegels durch einen ſphäriſchen Converſpiegel (der eigentlich hyperboliſch ſeyn ſollte) noch mehr vergrößert, durch einen ſphäriſchen Hohlſpiegel aber (der eigentlich elliptiſch ſeyn müßte) eher vermindert; es iſt alſo das gregorianiſche Teleſkop allerdings dem caſſegrainſchen vorzuziehen.

D. Hook verfertigte das erſte reflectirende Teleſkop, deſſen großer Spiegel nach Gregory's Art durchbohrt war, und zeigte daſſelbe der königlichen Societät zu London im Jahre 1674. Bey allen den ſchönen Ausſichten, die dieſe Erfindungen und Proben verſprachen, blieb doch die Sache noch ein halbes Jahrhundert lang liegen, und ward

Digitized by Google

von den meiſten als eine blos theoretiſche Speculation angeſehen.

Erſt 1718 zog John Hadley dieſen wichtigen Gegenſtand der praktiſchen Optik aufs neue aus der Vergeſſenheit. Er übergab der londner Societät im Jahre 1723 ein nach Newtons Vorſchlage eingerichtetes vortrefliches Teleſkop, deſſen metallner Spiegel nach einem Halbmeſſer von 10 Fuß 5½ Zoll ausgeſchliffen war, folglich 62⅛ Zoll Brennweite hatte (An account of a reflecting teleſcope made by Mr. *John Hadley* in Philoſ. Trans. No. 376. p. 303).

D. Pound und Bradley, die dieſes Werkzeug gemeinſchaftlich unterſuchten, ſtatteten einen ſehr vortheilhaften Bericht davon ab. (ibid. No. 378. p. 382). Sie verglichen es mit dem berühmten Fernglaſe ohne Röhren von Huygens, deſſen Objectivglas 123 Fuß Brennweite hatte (das alſo über 23 mal länger war), und fanden, daß es ein eben ſo kurzes Ocular vertrug, eben ſo ſtark vergrößerte, und eben die Deutlichkeit, jedoch nicht völlig dieſelbe Helligkeit, gewährte. Dennoch ſahen ſie dadurch alles, was des Huygens Fernglas zeigte, unter andern die fünf Trabanten des Saturns, noch beſſer, als durch das lange Fernglas, bey dem die Dämmerung in den Sommernächten ſehr hinderlich war, weil es keine Röhren hatte. Sie urtheilten, wenn es möglich wäre, die Metallſpiegel vor dem Anlaufen zu ſichern, oder eben ſo gute Glasſpiegel zu machen, ſo würden die Aſtronomen die bisherigen langen Fernröhre mit Freuden gegen ſolche Spiegelteleſkope vertauſchen.

Hadley fand die newtoniſche Einrichtung, bey der man ſeitwärts in das Teleſkop ſehen muß, unbequem, und gieng alſo zu der gregorianiſchen über, die er mit großer Vollkommenheit im Jahre 1726 zu Stande brachte. Es wird hier der Ort ſeyn, dieſes ſo berühmt gewordene gregorianiſche Spiegelteleſkop ſo, wie man es ſeit Hadleys Zeiten verfertiget, zu beſchreiben und etwas von ſeiner Theorie beyzubringen.

Taf. XXIII. Fig. 22. ſey TYYT eine meſſingene Röhre, in welcher LL ein metallner in der Mitte durchbohrter Hohl-

Digitized by Google

ſpiegel, EF aber ein kleinerer Hohlſpiegel iſt, der ſich hin und her ſchieben läſt. AB ſey ein ſehr entlegner Gegenſtand, der von jedem Punkte Parallelſtralen in den Spiegel LL ſendet, von welchen hier zween von B und zween von A kommende vorgeſtellt ſind. Dieſe werden vom Hohlſpiegel ſo reflectirt, daß dadurch in KH ein umgekehrtes Bild des Gegenſtandes entſteht. Von dieſem Bilde fallen die Stralen, wie von einem wirklichen Gegenſtande, auf den kleinen Spiegel EF, und werden von ihm ſo zurückgeworfen, daß ſie in QQ ſich vereinigen und ein aufrechtes Bild machen würden, welches von dem Auge O durch ein einfaches Augenglas betrachtet werden könnte.

Weil aber das Auge auf dieſe Art nur einen kleinen Theil des Gegenſtandes überſehen würde, ſo nimmt man lieber zwey, oder noch mehrere Augengläſer, welche, wie beym zuſammengeſetzten Mikroſkope, ſo verbunden werden, daß das letzte Bild im Brennpunkte des letzten Augenglaſes liegt. Die Figur ſtellt ein ſolches Teleſkop mit zwey Augengläſern vor. Hier werden die Stralenkegel, noch ehe ſie das Bild QQ machen, durch das Planconvexglas MN aufgefangen, daß ſie ſich ſchon in PV vereinigen, und ein kleineres aufrechtes Bild entwerfen, welches vom Auge O durch den Meniskus SS betrachtet wird, in deſſen Brennpunkte ſich das Bild PV befindet. Dieſer ſendet alſo die Stralenkegel aus PV parallel ins Auge, und zeigt daher das Bild aufrecht, und den Presbyten deutlich.

Die Vergrößerung hiebey wird am leichteſten nach Muſſchenbroek (Introduct. ad philoſ. nat. Vol. II. p. 822.) auf folgende Art berechnet. Taf. XXIII. Fig. 23. ſey der Brennpunkt des größern Spiegels LL in I, der des kleinern EDF in C, die Oefnung des größern in A. Man betrachte den Stral bb, der von dem obern Punkte eines ſehr entlegnen Gegenſtandes durch den Brennpunkt I geht. Dieſer wird vom Spiegel LL parallel mit der Axe AD nach E, und vom Spiegel EDF durch deſſen Brennpunkt C nach N reflectirt. Hier bricht ihn das erſte Glas nach NK, und der Meniskus SS ſendet ihn nach SO. Das Auge O bekömmt nun vom obern Punkte des Gegenſtands lauter

Stralen mit SO, und vom mittelſten Punkte lauter Stralen mit der Axe TO parallel. So ſieht es die Helfte des Gegenſtandes unter dem Winkel O. Das bloße Auge in b ſähe ſie unter dem Winkel b. Die Vergrößerung kömmt alſo auf das Verhältniß der Winkel b : O an. Es iſt aber (weil ſich kleine Winkel, wie ihre Tangenten, verhalten)

$$b : c = DC : AI$$
$$c = nCN : K = nK : Cn$$
$$K : O = TO : TK$$

Folglich $b : O = DC \times nK \times TO : AI \times Cn \times TK$

Nennt man die Brennweiten der Augengläſer MN und SS, φ und ψ, ſo laſſen ſich Cn, nK, TK, TO leicht berechnen, wenn φ, ψ und die Abſtände der Gläſer Dn und nT gegeben ſind. Es iſt nemlich

$$Cn = Dn - DC$$
$$nK = \frac{Cn.\ \varphi}{Cn - \varphi}$$
$$TK = nK - nT$$
$$TO = \frac{TK.\ \psi}{TK + \psi}$$

ſ. Linſengläſer.

Ex. Nach Smith (Lehrbegrif der Optik, deutſche Ausg. S. 469.) war in Short's beſtem gregorianiſchen Teleſkope

Brennweite des großen Spiegels AI . . = 9,6 Zoll
Brennweite des kleinen DC . . . . . = 1,5
Abſtand deſſelben vom nächſten Augenglaſe Dn = 14,2
Brennweite des nächſten Augenglaſes φ . = 3,8
Abſtand beyder Augengläſer nT . . . = 2,4
Brennweite des letzten Augenglaſes ψ . = 1,1

Hieraus findet man $Cn = Dn - DC = 14,2 - 1,5 = 12,7$

$$nK = \frac{Cn.\ \varphi}{Cn - \varphi} = \frac{12,7 . 3,8}{8,9} = 5,4$$
$$TK = nK - nT = 5,4 - 2,4 = 3,0$$
$$TO = \frac{TK.\ \psi}{TK + \psi} = \frac{3,0 . 1,1}{4,1} = 0,8$$

Digitized by Google

und das Verhältniß der Vergrößerung

1,5. 5,4. 0,8 : 9,6. 12,7. 3,0 = 15.54.8 : 96.127.30

d. i. wie 9 zu 4.127 oder 1 : 56⅔. Durch Verſuche ward gefunden, daß das Werkzeug den Durchmeſſer etwa 60 mal vergrößerte, daß alſo die Erfahrung ziemlich mit dieſer Theorie übereinſtimmte.

Wenn man nur ein Augenglas gebraucht, ſo fällt aus den oben zuſammengeſetzten Verhältnißen das letzte TO : TK hinweg, und weil φ gegen Cn allemal klein iſt, ſo wird alsdann faſt nK : Cn = φ : AI, daher die Vergröſſerung wie DC × φ : AI², oder wenn des großen und kleinen Spiegels Brennweiten F und f heiſſen, wie fφ : F². Dieſe Regel geben viele, z. B. Briſſon, für alle Teleſkope überhaupt, auch für die mit 2 Augengläſern, wo ψ ſtatt φ gebraucht werden muß. In unſerm Beyſpiele iſt fψ : F² = 1,5. 1, 1 : 9, 6². d. i. 1 zu 56, welches nicht beträchtlich fehlt: in andern Fällen aber möchte der Fehler gröſſer ſeyn.

Die Größe des Geſichtsfeldes kömmt auf den Raum an, den man ohne Schaden der Deutlichkeit dem Bilde PV (Fig. 22.) verſtatten kan. Am Orte dieſes Bilds nemlich wird inwendig im Rohre der Ring ZZ eingeſetzt, deſſen Oefnung die Grenzen des Bildes beſtimmt, und die Theile verdeckt, welche zu undeutlich ausfallen würden. Da dieſe Oefnung im Brennraume des letzten Glaſes SS liegt, ſo erſcheint ihr Halbmeſſer dem Auge unter eben dem Winkel, unter dem er aus dem Mittelpunkte dieſes Glaſes würde geſehen werden, und deſſen Tangente man findet, wenn man den Halbmeſſer der Oefnung durch ψ (die Brennweite dieſes Glaſes) dividiret. Dieſer Winkel iſt der Halbmeſſer des vergrößerten Geſichtsfeldes, und giebt, mit der Vergrößerungszahl dividirt, den Halbmeſſer des eigentlichen Geſichtsfeldes.

Wäre z. B. in Short's Teleſkope der Halbmeſſer der Oefnung PV = 0,174 Zoll, ſo würde (weil ψ = 1, 1) die geſuchte Tangente = 0,1581818, und der zugehörige Winkel nahe an 9° gefunden. Dies mit der Vergrößerungszahl 56⅔ dividirt, gäbe den Halbmeſſer des eigentli-

Digitized by Google

chen Gesichtsfelds 9 Min. 22 Sec., und den Durchmesser 18 Min. 44 Sec. Short fand den letztern vermittelst der Zeit, die die Sterne brauchten, um über das Gesichtsfeld hinwegzugehen, = 19 Min.

Die Frage aber, wie groß man PV machen, oder wie viel Oefnung man dem Augenglase verstatten dürfe, um einen hinlänglichen Grad der Deutlichkeit zu behalten, kömmt auf Rechnungen an, welche beyzubringen, hier zu weitläuftig wäre. Umständlich findet man das hieher gehörige beym Smith (der deutsch. Ausg. S. 460 — 472.), wo das gregorianische Teleskop mit dem cassegrainschen verglichen wird, und beym Euler (Dioptrica To. II. Append. cap. 3.) vorgetragen. Die Helfte des deutlichen Bildes, das der kleine Spiegel in QQ machen würde, ist nach Smith und Kästner die dritte Proportionallinie zu AI, DI und AL (Fig. 23.), und wird in Short's Teleskope, wo DI = 1, 6533 Zoll, und die halbe Breite des Spiegels AL = 1, 15 Zoll ist, = 0, 19805 Zoll gefunden. Durch das vorgesetzte Augenglas MN aber wird dieses halbe Bild im Verhältniß seines vorigen Abstands von MN zum jetzigen (MQ : MZ) verkleinert, daß sich also $\frac{1}{2}$ PV zur halben Breite des Spiegels AL im zusammengesetzten Verhältnisse $\overline{DI : AI} + \overline{MZ : MQ}$ befindet. Es kömmt aber hier auf sehr feine Abmessungen kleiner Größen an, die sich bey der Ausführung selbst so genau nicht erreichen lassen, und man bestimmt daher das Gesichtsfeld der Spiegelteleskope lieber durch Proben.

Ueberdies müssen auch die Stralen abgehalten werden, welche von fremden Gegenständen bey dem kleinen Spiegel vorbey in die Ocularröhre fahren. Der äusserste dieser Stralen ist derjenige, der von des Spiegels Rande E nach der Mitte des Bildes QQ geht. Dieser trift das Glas MN in einem kleinen Abstande von der Axe, wird durch die Mitte des Bildes PV hindurch gebrochen, und geht also durch das Glas SS mit der Axe parallel aus. Hier ist sein Abstand von der Axe zur halben Breite des kleinen Spiegels in dem zusammengesetzten Verhältniße $\overline{MQ : EQ}$

$+\psi : \overline{MZ}$. In Short's angeführtem Teleskope, wo die halbe Breite des kleinern Spiegels = 0, 3 Zoll ist, findet sich daraus dieser Abstand = 0, 03. Wenn man also hinter die Gläser an den Ort des Auges noch eine Platte XX mit einer runden Oefnung von 0, 03 Zoll Halbmesser stellt, so werden alle diese fremden Stralen vom Auge abgehalten.

Die beym Worte Apertur (Th. I. S. 111.) mitgetheilte Tabelle geht auf newtonische Teleskope mit einem einzigen Hohlspiegel und einem Augenglase (Fig. 21.), wie sie Hadley zuerst verfertigte. Nach dieser Tabelle vergrößert ein 60zolliges oder 5schuhiges Teleskop 202mal, da nach Smith's Berechnung ein gleich langes gregorianisches 243 mal, und ein cassegrainsches 253 mal vergrößert. Hawksbee hat aber die newtonschen Teleskope weit vollkommner verfertiget, so daß ein 60zolligtes 313 mal vergrößerte.

Ueberhaupt gewährt die newtonische Einrichtung bey gleicher Länge die stärkste Vergrößerung, und ist überdem zu Beobachtungen in großen Höhen, also zum astronomischen Gebrauch, vorzüglich geschickt. Das Aufsuchen der Gegenstände erleichtert man sich dadurch, daß man oben auf dem Teleskope vxyz (Fig. 21.) ein kleines gewöhnliches Fernrohr, den Sucher (*Trouveur*) anbringt, dessen Axe mit der Axe des Teleskops genau parallel ist. Diesen Sucher richtet man auf den verlangten Gegenstand so, daß derselbe in die Mitte des Gesichtsfelds kömmt; so sieht ihn das Auge durch h ebenfalls in der Mitte des Gesichtsfelds. Das gregorianische hat für irdische Gegenstände die große Bequemlichkeit, daß es ein aufrechtes Bild macht, und gerade hindurch sehen läßt; Cassegrains Teleskop, ob es gleich etwas mehr vergrößert, hat doch wegen der umgekehrten Stellung des Bildes den wenigsten Beyfall gefunden, vielleicht auch darum, weil sich die richtig zusammenpassende Gestalt der beyden Spiegel dabey schwerer treffen läßt.

Nach Hadley that sich in Verfertigung guter Spiegelteleskope vorzüglich Short hervor, welcher geschickte

Künſtler aus Schottland nach London zog. Um 1734, noch ehe er nach London kam, übertrafen ſchon ſeine Teleſkope alle übrigen. Er machte die Spiegel anfangs nach Newtons Vorſchlage von Glas, fand aber, daß ſie noch weniger Licht zurückwarfen, als die metallenen, auch daß das Glas durch ſein eignes Gewicht ſeine Geſtalt änderte. Er legte ſich daher mit Fleiß auf die Verbeſſerung der Metallſpiegel, und es glückte ihm bald, denſelben eine ſehr geſchickte Krümmung zu geben, ſ. Paraboliſche Spiegel (Th. III. S. 395). Durch einige ſeiner Teleſkope von 15 Zoll Brennweite konnte er die Schrift in den Transactionen auf 500 Fuß weit leſen, und die Saturnstrabanten ſehen. Von dieſen Shortiſchen Teleſkopen giebt Herr Bernoulli (Lettres aſtronomiques, Berlin 1771. 8. lettr. 7.) ſehr gute Nachrichten. Das gröſte hatte für den großen Spiegel 12 Fuß Brennweite mit 21½ Zoll Oefnung. Es vergrößerte 1200 mal; und ſein Preiß war zu 800 Guineen angeſetzt. Nach de la Lande (Aſtr. 3me edit. §. 1931.) lag dieſes in ſeiner Art damals einzige Stück im J. 1771 ungebraucht und dem Verderben ausgeſetzt, im Hotel de Marlborough. Gewöhnlich beobachtete Short mit einem 64zolligen Teleſkop, das nach ſeinem Tode im April 1769 für 150 Guineen verkauft ward. Die Sternwarte zu Greenwich hat von ihm ein 6füßiges newtoniſches Teleſkop, das 300 mal vergrößert, und 2 gregorianiſche von 2 Fuß, die faſt eben ſo viel leiſten (*Bernoulli* Lettr. 6).

Schon mit Hadley zugleich hatten Molyneux und Bradley die Verfertigung der Metallſpiegel betrieben, und einigen Künſtlern (vorzüglich Scarlet und Hearne), darinn Unterricht ertheilt. Ihr Verfahren findet man bey Smith (Wie metallene Spiegel zu Teleſkopen gegoſſen, geſchliffen und polirt werden, im Lehrbegriff der Optik, III. B. 2 Cap.). Sie empfehlen zur Maſſe der Spiegel 3 Theile Kupfer und 1¼ Zinn, oder 6 Theile gutes hamburger Meßing und 1 Theil Zinn, am liebſten 2 Theile von der erſten und 1 Theil von der letztern Compoſition zuſammen. Eine runde Marmorplatte, die etwas breiter, als der Spiegel iſt, wird mit Quadraten vom feinſten blauen

Digitized by Google

Wetzsteine belegt. Auf diesen Wetzsteinen wird zuerst eine messingene Schale hohl ausgeschliffen, und in dieser wieder ein erhabnes Glas, das zum Poliren mit Pech und seidnem Zeug überzogen wird. Man schleift alsdann den Spiegel und die messingene Schale immer wechselsweise mit Schmergel auf den Wetzsteinen, und berichtigt ihre Gestalt gegen die Polirscheibe, bis alle drey völlig zusammen passen, da man denn die Politur des Spiegels auf dem überzogenen Glase mit Zinnasche vollendet. Die Behandlung hiebey ist fein, und das ganze Verfahren äusserst mühsam. Nach dieser Methode haben die englischen Künstler eine Menge guter Teleskope verfertiget, ohne daß es ihnen andere Nationen hierinn gleich thun konnten, obgleich auch in Frankreich Paris, Gonichon (von 1733 an) und Passement (von 1735) ganz gute Instrumente geliefert haben.

In Sachsen ließ damals der Erbmarschall Graf Hans von Löser, ein großer Beförderer der praktischen Mathematik, auf seinem Schlosse Reinharz im Churkreise, Spiegelteleskope verfertigen, deren gröstes, von 6 engl. Fuß 9 Zoll 10 Lin. Brennweite des größern Spiegels, in Herrn Kästners Vorrede der deutschen Ausgabe des Smith (Altenb. 1755.) beschrieben ist. Die Gestalt seiner Spiegel näherte sich der der paraboliſchen.

Durch Dollond's Erfindung der achromatischen Fernröhre schien den Vorzügen der Spiegelteleskope wieder etwas benommen zu werden, da man jetzt Sehröhre erhielt, die mit bloßen Gläsern eben das leisteten, ohne eben viel länger auszufallen. Gläser sind doch ohne Vergleichung dauerhafter als Spiegel, und zeigen die Gegenstände allemal heller und lebhafter, weil bey der Brechung weniger Licht, als bey der Zurückwerfung, verlohren geht. Demohnerachtet behielten die Teleskope immerfort ihren Werth, und wurden von den neuern englischen Künstlern, Dollond, Ramsden, Nairne, Pyefinch, Adams u. a. noch eben so häufig, als sonst, verfertiget und verkauft.

Digitized by Google

John Mudge aus Plymouth theilte im Jahre 1777 (Philoſ. Trans. Vol. LXVII. P. I. p. 196. ſqq. überſ. in den leipziger Samml. zur Phyſik und Naturg. I. B. 5 St. S. 584. u. f.) eine Anweiſung mit, die beſte Compoſition zu den Metallſpiegeln zu machen, dieſe gehörig zu gießen, zu ſchleifen und zu poliren, auch dem größern Spiegel die paraboliſche Geſtalt zu geben. Seine Vorſchriften ſind für den Künſtler ſehr ſchätzbar. Zur Maſſe der Spiegel nimmt er auf 2 Pfund ſchwediſches Kupfer, $14\frac{1}{2}$ Unzen gekörntes Zinn, wovon er zuerſt nur 14 Unzen mit dem Kupfer zuſammenſchmelzt, dann dieſen Guß nochmals bey nicht mehr Hitze, als nöthig iſt, ſchmelzt, die letzte halbe Unze Zinn hinzuſetzt, und einen Löffel Kohlengeſtiebe in den Tiegel ſchüttet. Seine Geräthſchaft zum Schleifen und Poliren iſt einfacher, als die beym Smith; auch werden alle Handgriffe mit der hier nöthigen Umſtändlichkeit angegeben. Was hiebey die Hervorbringung der paraboliſchen Geſtalt angeht, findet man in der Kürze bey dem Worte Paraboliſche Spiegel. Auſſerdem hat auch Edwards (Directions for making the beſt compoſition &c. in Nautical Almanac for the year 1787 und Auszugsweiſe in Tralles phyſikal. Kalender für 1786.) vorzüglich gute und umſtändliche Anweiſung zu Verfertigung der Metallſpiegel gegeben, wozu er eine Compoſition von 32 Unzen Kupfer, 15 – 16 Unzen gekörntem Zinn (grain tin), 1 Unze Meßing, 1 Unze Arſenik (und 1 Unze Silber) vorſchlägt, und ſtatt der Zinnaſche mit Colcothar polirt.

Weil dieſe Spiegel ſo leicht anlaufen, und ſich ſchwer oder gar nicht wieder reinigen laſſen, ſo hat man doch Newtons Gedanken, Glasſpiegel zu gebrauchen, von Zeit zu Zeit wieder erneuert. Caleb Smith (A new method of improving catadioptrical teleſcopes in Philoſ. Trans. Num. 456. art. 8.) hat dazu die beſten Vorſchläge gethan; aber das Glas bleibt allemal wegen der doppelten Reflexion an beyden Flächen unſchicklich. Beſſer wäre wohl, eine Materie zu ſuchen, die gar nicht roſtete, eine gute Politur annähme, und ſo wenig Licht, als möglich, verſchluckte.

Digitized by Google

Eine solche Materie scheint die Platina zu seyn. De Morveau, Maret und Durande haben sie durch einen Zusatz von 16 Theilen weißgepülverten Glases, 2 Theilen verkalkten Borax und 1 Theil Kohlenstaub, mit Eisen zusammengeschmolzen, und ein vortreffliches Spiegelmetall daraus erhalten. Auch giebt sie nach den Versuchen des Herrn Grafen von Sickingen mit $\frac{1}{4}$ Eisen und $\frac{1}{6}$ Gold zusammengeschmolzen, ein Gemisch, das sich sehr schön poliren läßt und selbst von den mineralischen Säuren, dem Weineßig, dem flüchtigen Laugensalze, den Schwefeldämpfen und der Schwefelleber nicht angegriffen wird. Der Abbe Rochon soll wirklich ein 6füßiges Teleskop mit einem Platinaspiegel verfertiget haben, s. Platina. Im gothaischen Magazin für das Neuste aus der Physik (VII. B. 1 St. S. 183) finde ich die Nachricht, daß dieser Platinaspiegel 8 Zoll. 9 Lin. im Durchmesser halte, und von vortreflicher Wirkung sey. Es wäre zu wünschen, daß dieses Metall gemeiner würde und häufiger hiezu angewandt werden könnte. Rinmann (Versuch einer Geschichte des Eisens, aus dem schwed. von Georgi. Berlin, 1785. II. B. 8.) hält 2 Theile Meißing, ein Theil Kobaltkönig oder Speiße und $\frac{1}{2}$ Theil Arsenik für die beste Mischung zu Metallspiegeln.

Seit den letztern zehn Jahren sind die Spiegelteleskope durch Herrn Friedrich Wilhelm Herschel zu einem ganz unerwarteten Grade der Vollkommenheit gebracht worden, der alles, was optische Werkzeuge bisher leisteten, bey weitem übertrift, und das Ende unsers Jahrhunderts in der Geschichte der Optik und Astronomie unvergeßlich machen wird. Durch unabläßigen Fleiß und große Geschicklichkeit hatte dieser Künstler schon vor 1781 ein 7schuhiges newtonisches Teleskop zu Stande gebracht, bey dem sich 227, 460 und 932fache Vergrößerungen anbringen liessen, und wodurch er am 13 März 1781 einen neuen Planeten entdeckte, s. Uranus. Außerdem hatte er auch ein 12füßiges und ein 20füßiges verfertiget, wodurch er vorher ganz unerhörte Vergrößerungen von 300, 500, 2000 bis 6000 mal zuwege brachte. Im Monat Junius 1782 ver-

glich Herr Maskelyne dieſe Teleſkope mit den Shortiſchen auf der Sternwarte zu Greenwich, und räumte ihnen große und entſchiedene Vorzüge vor denſelben ein.

Schon durch dieſe Fernröhre, deren größtes 20 Fuß Brennweite und 18¾ Zoll Oefnung des großen Spiegels hatte, machte Herr Herſchel in kurzer Zeit eine Menge neuer und wichtiger Entdeckungen am Himmel, ſ. Fixſterne, Nebelſterne, Mondflecken, Mars, Uranus. Er unternahm nunmehr, ein Teleſkop von 40 Fuß Länge und gegen 5 Fuß Durchmeſſer zu verfertigen, ein Gedanke, der nach den ſonſt gewöhnlichen Begriffen von Verfertigung der Spiegel faſt das Gepräge der Unmöglichkeit an ſich zu tragen ſchien. Inzwiſchen führte dieſer große Künſtler durch Mittel, die freylich von den gewöhnlichen ſehr abweichen müſſen, bisher aber noch nicht bekannt geworden ſind, dieſen Vorſatz im Jahre 1786 glücklich aus. Nach den Nachrichten des Herrn Bode (Aſtron. Jahrbuch für 1790) iſt die Röhre dieſes in ſeiner Art einzigen Werkzeugs 40 engliſche Fuß lang, hat eine Oefnung von 4 Fuß 10 Zoll, und iſt aus dünnen Eiſenblechen zuſammengeſetzt, die durch Reife befeſtigt ſind. Das Teleſkop iſt newtoniſch, und wiegt mit dem dazu gehörigen Spiegel gegen 4000 Pfund (der Spiegel allein 1035); dennoch kann eine einzige Perſon die Richtung ſowohl vertikal, als horizontal verändern; jedoch erſtreckt ſich die horizontale Veränderung nur bis 6 Grad auf jeder Seite des Meridians, in den das Inſtrument geſtellt iſt. Das Gerüſt, das dieſen optiſchen Rieſen trägt, ruht auf einem runden Boden von 50 Schuh Durchmeſſer. Auf der Weſtſeite des Fernrohrs iſt ein Gebäude für eine Pendeluhr mit Tiſch und Pult, auf der Oſtſeite ein ähnliches für die Handlanger, die die Stellung ändern. Auf einer Gallerie nach der obern Mündung des Teleſkops zu, an welcher ſich das Ocular befindet, können 5 bis 6 Perſonen bis zur äuſſerſten Höhe, deren das Inſtrument fähig iſt, von zween Arbeitern gewunden werden. Der Aufwand hiezu belief ſich damals (im J. 1787.) ſchon auf 2000 Pf. Sterling, und ward vom Könige beſtritten.

Digitized by Google

Dieſes Werkzeug hält nun zwar erſtaunliche Vergrößerungen aus, je nachdem man es mit Ocularen von kürzerer Brennweite verbindet. Dennoch kann man für die Himmelskörper die Vergrößerung nicht ohne alle Grenzen verſtärken. Die ſtärkſte, die man gewöhnlich bey Beobachtung der Fixſterne braucht, iſt 3000 mal, für die Planeten geht man nicht gern über 500, gewöhnlich nur auf 250 mal. Dafür aber verſchaft die große Oefnung eine ungemeine Menge von Licht, alſo eine ganz ungewöhnliche Helligkeit, mit Deutlichkeit verbunden. Mit dieſem Teleſkope durchſtreicht oder kehrt Hr. H., wie er ſich ſehr körnigt ausdrückt, alle Stellen des bey uns ſichtbaren Himmels, mit Hülfe ſeiner Schweſter, welche die gemachten Beobachtungen in gehöriger Ordnung in ein großes in lauter kleine Quadrate abgetheiltes Buch einträgt. Durch eben dieſes Werkzeug iſt auch die Entdeckung neuer Saturnstrabanten gemacht, ſ. Saturnsmonden.

Herr Herſchel hat bisher mehrere newtoniſche Teleſkope von 7–10 Fuß theils ſelbſt verfertiget, theils unter ſeiner Aufſicht verfertigen laſſen, und dabey die letzte Hand angelegt. Der erſte, der in Deutſchland ein ſolches erhielt, war Herr Oberamtmann Schröter in Lilienthal bey Bremen, der auch die Einrichtung deſſelben ſelbſt beſchrieben hat (Beyträge zu den neueſten aſtronomiſchen Entdeckungen. Berlin, 1788. 8.) Die Röhre iſt ein achtſeitiges Priſma von Mahagony-Holz, deren Länge 7 Fuß 4½ Zoll, der äuſſere Durchmeſſer 8 Zoll, und der innere 6½ Zoll beträgt. Eben ſo groß iſt der Durchmeſſer der polirten Fläche des Spiegels, der durch ein eignes Maſchinenwerk die gehörige Stellung und Befeſtigung im untern Ende der Röhre erhält. Man ſieht in dieſe Röhre, der newtoniſchen Einrichtung gemäß, am obern Ende von der Seite hinein, wo ſich die 8 Zoll lange Ocularmaſchine, die zugleich auch den Planſpiegel hält, nebſt dem Sucher befindet. Dieſer Sucher iſt 1 Fuß lang, faßt bey 9maliger Vergrößerung 4 Grad Feld, und zeigt zur Noth die Jupitersmonden. Er ſteht nicht auf der oberſten horizontalen Fläche des achteckigten Rohrs, ſondern an der ſchrägen Seite, dem Augenglaſe

Digitized by Google

ſo nahe, als möglich, und zur Berichtigung ſeiner Stellung dient gleichfalls eine eigne Maſchine. Die Richtung in der Vertikalfläche wird dem Inſtrumente in einem hölzernen Stuhle gegeben, in deſſen Falzen man einen Rahmen, auf dem der überwiegende untere Theil der ganzen Röhre ruht, mittelſt eines Flaſchenzugs auf- und niederlaſſen kan. Ueberdies ruht die Röhre noch auf einer gezahnten Stange, die man mit der Hand höher und niedriger ſtellen, und mit einem Dreher ſo fein bewegen kann, daß ſie durch eine Umdrehung nur um 0,15 Zoll fortrückt, wodurch das Inſtrument bis auf Secunden vertikal, und durch eine Schraube ohne Ende eben ſo fein horizontal geſtellt werden kan. Der kleine ovale Planſpiegel hat 1,15 Zoll im kleinſten Durchmeſſer, und iſt vom großen für Fixſterne um 6 Zoll 10 Lin., für nahe irdiſche Gegenſtände um 7 Zoll 2 Lin. und mehr, entfernt. Die Ocularein ſätze haben, den erſten am wenigſten vergrößernden ausgenommen, ſämtlich nur eine auf beyden Seiten erhabne Linſe, die der Deutlichkeit wegen ſehr dünn gearbeitet iſt. Herrn Schröters Vergrößerungen giengen damals von 75 bis 1200 mal, er hat aber nachher noch zwo ſtärkere dazu ſelbſt gefertiget. Herr Herſchel hat auf das α der Leyer bey einem gleichen Inſtrumente eine 6450 malige Vergrößerung angewandt, um wo möglich mit Beyhülfe eines eignen Lampenmikrometers den ſcheinbaren Durchmeſſer dieſes Sterns zu beſtimmen. Welche Vergrößerung jedesmal mit Nutzen gebraucht werden könne, hängt von der höhern und niedrigern Stelle der Gegenſtände, der eigenthümlichen Art ihres Lichts, der Beſchaffenheit der Atmoſphäre, auch der Geſichtskraft und Uebung des Beobachters ab; Hr. Schröter hat beym Saturn die 210fache, beym Monde die 636fache gebrauchen können. In Abſicht des Feldes iſt die Einrichtung ſo, daß man bey 300facher Vergrößerung einen Raum von 5 Min. Durchmeſſer überſieht, durch welchen ein Stern im Aequator in 20 Sec. Zeit hindurchgeht. Herr S. giebt ſeine auf dieſes Inſtrument baar verwendeten Koſten über 400 Thaler an; die eigne Mühe und Arbeit ungerechnet. Dagegen könnte der, welcher alles unter ſeiner Aufſicht verferti-

Digitized by Google

gen ließe, mit 300 Thaler Aufwand auskommen. Die Wirkung dieses Instruments schätzt er der des Hugenischen Objectivglases von 123 Fuß Brennweite gleich. Er hat den Mond sehr genau damit beobachtet, und seine bereits angekündigten selenotopographischen Fragmente werden zeigen, wieviel man sich von diesen neuern Verbesserungen der Spiegelteleskope versprechen dürfe. Auch fand er die Gestalt des Saturns im Febr. 1790 eben so abgeplattet, wie die des Jupiters, und ihren grösten Durchmesser in der Ebne des Ringes, welches eine Umdrehung dieses Planeten um die Axe nach der Richtung dieser Ebne anzeigt. Von den auf der Venus entdeckten Bergen, s. Venus. Nunmehr befindet sich auch ein Herschelisches Teleskop auf dem mathematischen Salon zu Dresden, und ein anderes, als Geschenk des Königs, auf der Sternwarte zu Göttingen.

In Paris befand sich, nach der Erzählung des Grafen von Cassini (Mém. de Paris. 1784.) ein schönes 5schuhiges Spiegelteleskop vom jüngern Dollond, einem Herrn Sykes gehörig, das für Jupiter und Saturn eine 460fache Vergrößerung sehr gut vertrug. Auf Veranlassung der Herschelischen Entdeckungen verfertigte Dollond dazu noch 6 neue Oculare, die von 750 — 3000 mal vergrößerten. Man fand diese zwar für die Fixsterne tauglich, wo sie alle neue Entdeckungen bestätigten, aber Saturn und Jupiter erschienen äusserst undeutlich, als bloße Lichtmassen ohne bestimmte Figur; und bey der stärksten Vergrößerung konnte man keine Spur vom Saturnsringe mehr unterscheiden.

Neuerlich hat auch der Abbe Rochon ein großes gregorianisches Teleskop verfertiget, welches nach dem herschelschen 40schuhigen nunmehr das gröste ist. Sein Spiegel aus einer Composition von 16 Theilen Kupfer und 6 Theilen Zinn, hat 22 Zoll im Durchmesser und eine Brennweite von 22½ Fuß (s. Magazin für das Neuste a. der Physik VII. B. 1. St. S. 182.)

Brisson Dict. raisonné de physique. Art. *Telescope.*

Priestley Geschichte der Optik, durch Klügel, S. 162. 248 u. f. 522 u. f.

Digitized by Google

Jſ. *Newtoni* Optice, lat. redd. *Sam. Clarke.* Lond. 1706. 4. p. 90. ſqq.

Erxleben Anfangsgr. der Naturlehre, Vierte Aufl. §. 404 — 407.

Smith's Vollſtändiger Lehrbegrif der Optik, durch Käſtner, S. 190 u. f. 278 u. f. 459 u. f.

Lichtenberg Magazin für das Neuſte aus der Phyſik und Naturgeſch. V. B. 2. St. S. 171 u. f. 4. St. S. 62. u. f. VI. B. 2 St. S. 105.

Spießglas, Spießglanz, Antimonium, Stibium, *Antimoine.* Das ſogenannte **rohe Spießglas** (Antimonium ſulphuratum *Bergm.*), eine ſtrahlichte bleyfarbene Materie, iſt das Erz eines eignen Halbmetalls, des **Spießglaskönigs** (Regulus antimonii, Antimonium *Bergm.*), worinn 74 Theile dieſes Halbmetalls mit 26 Theilen Schwefel mineraliſirt ſind. Es wird daſſelbe an vielen Orten, vorzüglich in Ungarn und Frankreich, gefunden. Man erhält es wegen ſeiner Leichtflüßigkeit durch bloßes Ausſchmelzen aus den Bergarten, und verkauft es in Geſtalt von Kuchen.

Durch längeres Röſten, wobey der Schwefel verdampft, erhält man daraus eine aſchgraue metalliſche Erde (den **Spießglaskalk** (Calx ſ. cineres antimonii), der ſich in ſtärkerm Feuer in das dichte, glänzende dunkelgelbe **Glas vom Spießglaſe** (Vitrum antimonii) oder, wenn die Röſtung ſchwach geweſen iſt, ſchon bey gelinderm Feuer in die undurchſichtige braune **Spießglasleber** (Hepar antimonii) verwandlet. Aus jedem dieſer drey Stoffe kan man durch gewöhnliche Reduction, d. i. durch Schmelzung mit brennbaren Stoffen in verſchloſſenen Gefäßen, das Halbmetall ſelbſt, oder den **Spießglaskönig**, erhalten.

Eben dieſen König bekömmt man auch aus 4 Theilen vom gepülverten rohen Spießglaſe, 3 Theilen Weinſtein, und 1½ Theilen Salpeter, die nach und nach in einen glühenden Schmelztiegel eingetragen, und nach geendigter Verpuffung geſchmolzen werden. Nach dem Erkalten findet man im Schmelztiegel zwo Subſtanzen, die ſich durch den Schlag eines Hammers trennen laſſen, wovon die un-

Digitized by Google

tere der König iſt, die obere aber aus den Laugenſalzen des Salpeters und Weinſteins, dem Schwefel des Spießglaſes, einem Antheile von vitrioliſirtem Weinſtein, und noch etwas von der Schwefelleber aufgelöſetem Spießglaskönige beſteht, und den Namen der **Schlacken des Spießglaskönigs** erhält. Dieſe Schlacken ſind im Waſſer auflöslich, und die Auflöſung, mit einer Säure geſättigt, läſt den **güldiſchen Spiesglasſchwefel, Goldſchwefel** (Sulphur antimonii auratum) fallen. Wird das Spießglas mit gleichen Theilen Salpeter verpuft, ſo findet man ſtatt des Königs eine **Spießglasleber**, aus deren Auflöſung in kochendem Waſſer der Metallenſafran (Crocus metallorum) niederfällt. Die Verpuffung mit dreymal ſoviel Salpeter erzeugt eine ganz weiße ſalzige Maſſe, welche mit Waſſer abgeſpült, den **weißen oder ſchweißtreibenden Spießglaskalk** (Antimonium diaphoreticum) giebt, ſo, wie das zur Abſpülung gebrauchte Waſſer die **Perlmaterie** oder das **Spießglasweiß** (Materia perlata, Ceruſſa antimonii) fallen läſt. Auch dieſe Kalke kan man, wiewohl ſchwerer, zu Spießglaskönig reduciren.

Die meiſten Metalle, z. B. Eiſen, Kupfer, Zinn, Bley, Silber, ſind mit dem Schwefel näher verwandt, als der Spießglaskönig. Sie ſchlagen alſo letztern nieder, wenn man ſie im gehörigen Verhältniſſe zu dem geſchmolzenen Spießglaſe hinzuſetzt. So erhält man den **durch Eiſen, durch Zinn ꝛc. bereiteten Spießglaskönig.** Den reinſten giebt das Eiſen, welches mit dem Schwefel am nächſten verwandt iſt.

Bey allen Bearbeitungen des Spießglaſes im Feuer ſteigt mit dem Schwefel etwas metalliſches im Rauche auf, und dieſer bildet, indem er an kalte Flächen eine Art von Mehl anlegt, die ſogenannten **Spießglasblumen** (Flores antimonii).

Auch auf dem naſſen Wege erhält man aus dem rohen Spießglaſe ſeinen König durch ein Königswaſſer aus 3 Theilen concentrirter Salzſäure und 1 Theil ſtarker Salpeterſäure, welches in der Wärme den metalliſchen Theil mit Zurücklaſſung des Schwefels auflöſet.

Digitized by Google

Der **Spießglaskönig** selbst ist von silberweisser Farbe, mäßig hart, blättrig, und so spröde, daß er sich leicht pulvern läßt. Gediegen hat man ihn nur selten in Schweden (s. **Anton Swab** in den Schwed. Abh. v. 1748.) und Siebenbürgen (s. **v. Born** in den Abhdl. einer Privatgesellschaft in Böhmen. Th. V. Prag 1782. S. 383.) gefunden. Sein eigenthümliches Gewicht ist 6,860 mal größer, als das Gewicht des Wassers. Luft und Wasser wirken auf ihn wenig oder gar nicht. Er schmelzt beym Glühen in einer Hitze, die man nach **Mortimer** auf 810 fahrenh. Grade schätzt. In der Weißglühhitze läst er sich in verschloßnen Gefäßen ganz auffublimiren; beym Zutritt der Luft aber verfliegt er als ein weißer Rauch, der sich in Gestalt des **Spießglasschnees** oder der **silberfarbnen Blumen des Spießglaskönigs** ansetzt. Diese Blumen wiegen mehr als der König, woraus man sie erhalten hat, lösen sich in geringer Menge im Wasser auf, und sind ein unvollkommner, noch viel Brennbares enthaltender, auch selbst noch flüchtiger, Kalk. In geringerer Hitze verkalkt sich der Spießglaskönig zu einem weißgrauen noch immer flüchtigen Pulver; durch die Verpuffung mit 2 Theilen Salpeter aber giebt er einen vollkommnen **schweißtreibenden Spießglaskalk** mit einer beträchtlichen Gewichtszunahme, die nach **Pezold** (Diss. de reductione antimonii. Gott. 1780. 4.) über 50 Procent betragen soll.

Die Mineralsäuren für sich lösen den Spießglaskönig nur schwer auf; die Salpetersäure zerfrißt ihn zu einem weißen Kalke mit Entwickelung häufiger Salpeterluft. Sein vollständigstes Auflösungsmittel ist das Königswasser, nach **Scheffer** (Chym. Vorles. §. 154.) aus 5 Theilen und 1 Theile der stärksten Salz- und Salpetersäure bereitet. Aus der Auflösung fällen die Laugensalze einen weißen noch nicht ganz dephlogistisirten Spießglaskalk mit starker Gewichtszunahme.

Die dephlogistisirte Salzsäure zerfrißt den König des Spießglases schnell zu einer dickflüßigen, höchst ätzenden Substanz, der **Spießglasbutter** (Butyrum antimonii, Causticum antimoniale, Antimonium salitum *Bergm.*);

Digitized by Google

welche man gewöhnlich durch Destillation von 3 Theilen Spiesglaskönig und 8 Theilen Queckſilberſublimat bereitet, wobey der König die Salzſäure in ſich nimmt, und ſein Brennbares an den Queckſilberkalk abgiebt, daher das wiederhergeſtellte Queckſilber in der Retorte zurückbleibt. Sonſt läſt ſich dieſe Butter auch auf andere Arten bereiten, wenn die Salzſäure, mit dem gehörig verkalkten Spießglasmetalle verbunden, deſtilliret werden kan. In Waſſer getröpfelt, läſt dieſe Butter ein weißes Pulver fallen, das nach dem Ausſüßen Algaroth-pulver (Mercurius vitae) genannt wird, und ein unvollkommner Spießglaskalk iſt.

Die Pflanzenſäuren wirken nur ſchwach auf den König, ſie löſen aber den metalliſchen Theil im rohen Spießglaſe und in den unvollkommnen Kalken ſehr leicht auf, und dienen daher zur Verfertigung des Brechweinſteins (Tartarus antimonialis ſ. emeticus), den man nach Saunder (Obſ. de antimonio. Lond. 1773. 8.) am beſten aus ½ Pf. Glas vom Spießglaſe und 1 Pf. gepulverten Weinſteinkryſtallen, durch 10ſtündiges Kochen in 16 Pf. deſtillirtem Waſſer erhält, wenn die entſtandene Salzlauge bis zur ſtaubigen Trockniß abgeraucht, und alles metalliſche Geräthe dabey entfernt wird. Dieſer Brechweinſtein iſt eigentlich eine Verbindung von weinſteinſaurem Spießglasſalze und ſpießglashaltigem tartariſirten Weinſteine, und enthält geſättigt $\frac{1}{17}$ an Spießglasmetall. Auch der Wein löſet vom Glaſe des Spießglaſes etwas auf, und giebt damit den Brechwein (vinum emeticum).

Der Schwefel verbindet ſich im Fluße mit dem Spießglaskönige ſehr leicht zu einem wahren rohen Spießglaſe: und das fixe Laugenſalz bildet mit dem Schwefel des letztern eine Schwefelleber, die den König zu einer Spießglasleber auflöſet. Aus 1 Theil gepulvertem Spießglas, 4 Theilen Potaſche und 16 Theilen Waſſer, die in einem eiſernen Topfe eine Viertelſtunde lang unter beſtändigem Umrühren gekocht werden, fällt beym Erkalten der mineraliſche Kermes oder das Karthäuſerpulver nieder, das vom Goldſchwefel nur durch den größern Metallgehalt unter-

Digitized by Google

ſchieden iſt. Durch Aufgüſſe des Weingeiſts auf die Spießglasbereitungen entſtehen die Spießglastinkturen.

Der Spießglaskönig verbindet ſich mit allen Metallen. Er macht dieſelben ſpröder, und ihre Farbe bleicher. Rohes Spießglas mit Gold zuſammengeſchmolzen, wird zerſetzt; ſein Schwefel verbindet ſich alsdann mit den andern dem Golde etwa noch beygemiſchten Metallen zu einer oben ſchwimmenden Schlacke, und der Spießglaskönig, der ſich ſtatt ihrer mit dem Golde vereiniget, läſt ſich durch die Hitze davon treiben. Dieſes **Gießen des Goldes durch Spießglas** iſt alſo ein vortrefliches Reinigungsmittel des edlen Metalls, daher auch die ältern Chymiſten das Spießglas den Wolf der Metalle und das Bad des Königs (balneum regis ſ. Solis) genannt haben. Ueberhaupt hat man ehedem im Spießglaſe viele Geheimniſſe geſucht, und ſogar den ſtraligen Stern, den ſein König wegen der blättrigen Kryſtalliſation auf der Oberfläche zeigt, für eine Anzeige wundervoller Wirkungen gehalten. Aeltere chymiſche Bücher (z. B. *Ba l. Valentini* currus triumphalis antimonii, comment. illuſtratus a *Theod. Kerkringio*. Amſt. 1671. 12.) tragen die ſchätzbarſten Entdeckungen vom Spießglaſe in einer geheimnißvollen Sprache vor, und erſt **Lemery** (Traité de l'antimoine. à Paris. 1707. 8.) hat deutlicher und beſtimmter darüber zu ſchreiben angefangen.

Noch jetzt, obgleich die alten Träume verſchwunden ſind, bleibt der Spießglaskönig wegen der kräftigen Arzneymittel, die er verſchaft, einer der wichtigſten metalliſchen Stoffe. In Subſtanz genommen, bewirkt er Abführungen und Brechen, wiewohl auf eine ſehr unſichere Art, die von ſeiner Zerſetzung durch die im Körper befindlichen Materien abhängt. Man gab ihn ehedem in Geſtalt der **ewigen Pillen**, welche unzähligemale gebraucht werden konnten, oder ließ Wein aus Bechern von Spießglaskönig trinken. Nachher hat man, nach einem heftigen Streite über den mediciniſchen Gebrauch der Antimonialien, die zahlreichen Bereitungen aus dem rohen Spießglaſe und Könige dienlicher gefunden, worunter die meiſten unvollkommene Kalke ſind, die als Brech- und Abführungsmittel von ſehr

Digitized by Google

bestimmter Wirkung dienen. Kunkel (Laboratorium chemicum, Hamburg 1716. 8.) hat sich um diesen Zweig der pharmaceutischen Chymie sehr verdient gemacht, aber doch den Neuern noch viel zu verbessern übrig gelassen. Ausser der Heilkunde wird der Spießglaskönig in den Künsten zu Metallcompositionen für die Spiegel der Teleskope, zu den gegossenen Schriften, zur Reinigung des Goldes u. s. w. gebraucht.

Macquer chymisches Wörterbuch. Art. Spießglas, Spießglasbutter, Spießglaskönig.

Gren system. Handbuch der Chemie, II. Th. 2. B. Halle, 1790. gr. 8. §. 3044. u. f.

Spitzen, elektrisirte, Cuspides conductorum electricorum, *Pointes électriques*. Zugespitzte Enden leitender unisolirter Körper haben die merkwürdige Eigenschaft, daß sie die Elektricität äusserst leicht auf große Entfernungen und ohne Funken annehmen und mittheilen. Stumpfe abgerundete Enden thun dies schon mit mehr Schwierigkeit und mit Entstehung eines Funkens; bey ganz platten Flächen wird manchmal die Schwierigkeit so groß, daß sich selbst bey der Berührung keine Wirkungen der Mittheilung zeigen.

Nollet (Recherches sur les causes particulières des phénom. électr. Paris 1749. 12. p. 146.) bemerkte um 1746, daß seine Spitzen das elektrische Licht schneller aussendeten, andere elektrische Erscheinungen aber schwächer zeigten als stumpfgeendete Körper. — Er erzählt (Lettres sur l'electricité. Vol. I. Paris, 1753. 12. p. 130.), schon vor ihm habe Jallabert in Genf die Erscheinungen an dem spitzigen Ende eines Leiters anders, als am andern runden Ende gefunden — und Ellicott (Philos. Trans. Vol. XLV. for 1748. No. 486. p. 210.), der dieses von Nollet erfahren hatte, suchte schon 1747 eine Erklärung davon zu geben. Alles dies aber war noch so unvollkommen, daß es mit Franklin's Entdeckungen hierüber gar nicht in Vergleichung kommen kann.

Digitized by Google

Franklin erhielt die Nachricht von dieſer Eigenſchaft der Spitzen durch ſeinen Freund **Thomas Hopkinſon**, der eine eiſerne Kugel mit einer daran befeſtigten Nadel (um ſeiner Meinung nach die Elektricität in der Spitze zu concentriren) elektriſirt, aber zu ſeinem Erſtaunen gar keine Elektricität darinn gefunden hatte. So erzählt er die Sache in der neuern Ausgabe ſeiner Verſuche (New exper. and obſerv. on Electricity by Mr. *Benj. Franklin*. London, 1769. 4. p. 5.), da er in der ältern (Franklins Briefe durch **Wilke** überſ. II Brief an Collinſon v. 1. Sept. 1747. S. 14.) dieſer **wunderbaren Kraft der Spitzen** in Ableitung und Ausſtrömung der Elektricität blos als einer gemeinſchaftlichen Entdeckung ſeiner Freunde in Amerika gedacht hatte. Die Sache ward aber unter ſeinen Händen durch die Anwendung auf die Blitzableiter äußerſt wichtig, ſ. **Blitzableiter** (Th. I. S. 390. u. f.), und hat ſich in der Folge an die Sätze von den elektriſchen Wirkungskreiſen und von den Eigenſchaften platter Flächen vortreflich angeſchloſſen.

Spitzige Körper laden die Elektricität auf eine weit größere Entfernung in andere aus, und nehmen ſie von andern in weit größerer Entfernung an, als Körper von andern Geſtalten. Der Uebergang in Spitzen bringt auch gewöhnlich keinen Schall hervor, und die Elektricität geht nicht als ein plötzlich abgeſonderter Funken von merklichem Durchmeſſer, ſondern nach und nach, oder in einem anhaltenden Strome, über. An Spitzen, welche Elektricität abgeben oder einnehmen, zeigt ſich im Dunkeln das elektriſche Licht, und zwar, wenn die Spitze + E ausſendet und − E annimmt, als ein Stralenbüſchel; wenn ſie − E ausſendet und + E annimmt, als ein Lichtpunkt oder Stern, ſ. **Leidner Vacuum** (Th. II. S. 872. f.) In beyden Fällen fühlt man eine gelinde Bewegung oder ein Blaſen, welches allezeit von der Spitze ausgeht, ſie mag + E oder − E haben, ſ. **Rad, elektriſches** (Th. III. S. 625).

Wenn man während des Drehens der Elektriſirmaſchine den Knopf einer meſſingnen Stange ſo nahe an den Conductor hält, daß beſtändig Funken gegen denſelben ſchla-

Digitized by Google

gen, so hören diese Funken sogleich auf, sobald man die Spitze einer Nadel etwa doppelt so weit von dem Conductor hält, als der Knopf absteht, oder sobald man die Nadel mit auswärts gekehrter Spitze auf den Conductor befestiget. Eine leidner Flasche, die beym gewöhnlichen Verfahren einen fürchterlichen Schlag geben würde, wird **ohne merkliche Wirkung** entladen, wenn man die eine Hand an die äussere Belegung hält, und mit der andern die Spitze einer Nadel allmählig gegen den Knopf der Flasche führt.

Eine auseinander gezogne Flocke Baumwolle, an einem leinenen Faden von 5–6 Zoll an den Conductor gehangen, schwillt beym Drehen der Maschine auf, und streckt sich gegen den genäherten Finger oder gegen andere nahe, mit der Erde verbundene, Leiter. Nähert man ihr aber eine Nadelspitze, so schrumpft sie sogleich zusammen, verläßt den Finger oder die Leiter, und wird vom Conductor der Maschine angezogen. — Nimmt man die Spitze hinweg, so breitet sich die Flocke wieder aus, und geht aufs neue gegen den Finger zu. Eine mit Goldblättchen belegte, aufgeblasene, und elektrisirte Blase, die an einem seidnen Faden hängt, wird von dem Knopfe einer Metallstange angezogen und durch einen Funken entladen, von einer Nadelspitze hingegen **stillschweigend** und ohne Anziehung entladen. Es zeigt sich nach **Henly** eher ein Zurückstoßen, wenn man ihr die Nadel plötzlich entgegenstellt.

Noch mehr bestätigen dies die Versuche mit dem **Donnerhause** (s. Th. I. S. 592. f.) und diejenigen, die man in England zur Vertheidigung der zugespitzten Blitzableiter angestellt hat (Th. I. S. 393. f.), ob es gleich nicht unmöglich ist, daß auch Spitzen Funken und Schläge erhalten können. Dadurch ist es nun als ein unbezweifeltes Gesetz der Elektricität erwiesen, **daß Spitzen die Mittheilung ungemein erleichtern**, da hingegen platte Flächen selbige erschweren, und abgerundete Enden zwischen beyden das Mittel halten.

Man gebraucht daher leitende Spitzen überall, wo es auf fortdauerndes Einsammlen oder Zerstreuen mehrerer

Elektricität ankömmt, z. B. an den Enden der Auffangungsstangen bey Blitzableitern, am Collector der Elektrisirmaschine u. s. w. Man vermeidet sie dagegen sorgfältig, wo die Absicht auf Zusammenhaltung bereits gesammleter Elektricität oder auf das Perpetuelle gerichtet ist, wie am Körper des Conductors selbst, an den Belegungen der Flaschen, am Elektrophor, Condensator u. s. w.

Die Erklärung dieser Eigenschaft, oder uneigentlich sogenannten **Kraft der Spitzen** (*pouvoir des pointes*) hat die Naturforscher sehr beschäftiget. **Ellicott**, der nur das einzige Phänomen kannte, daß die Elektricität aus einer Spitze am Leiter merklicher ausströmt, als aus den übrigen Theilen, gab zur Ursache an, die Ausflüße liefen längst der Fläche des Leiters hin, und müsten also an der Spitze, wo sie von allen Seiten her näher zusammenkämen, concentrirter seyn, als an andern Stellen. Dies erklärt aber im geringsten nicht, warum die ganze Elektricität des Leiters durch die Spitze zerstreut wird.

Nollet (Lettres sur l'électr. P. I. Lettr. 6.) nahm seine Theorie der gleichzeitigen Zu- und Ausflüße zu Hülfe. Bewegte Körper, sagt er, gehen dahin, wo sie den wenigsten Widerstand finden. Die Ausflüße haben einen doppelten Widerstand zu überwinden, den der Luft und den der Zuflüße. Die Spitze hat wenig oder gar keine Poren für die Zuflüße; diese wenden sich daher gegen andere Stellen, und lassen hier den Weg für die Ausflüße frey. Mithin nimmt die ausströmende Materie gröstentheils diesen leichtesten Weg, und es gehen weniger Ausflüße nach den übrigen Poren zu. Dies ist so hypothetisch, daß es selbst **Brisson**, bey aller Anhänglichkeit an Nollet, unzureichend findet.

Beccaria (Del elettricismo artificiale. Bologna, 1758. 4. p. 50.) erklärt den Einfluß der Spitzen umständlich aus dem Satze, daß sich die elektrische Materie desto lebhafter bewege, je weniger Raum ihr verstattet sey. Daher werde an den Spitzen, wo sich der Raum verengere, die Bewegung und die Intensität der elektrischen Erscheinungen stärker. **Priestley** urtheilt sehr richtig, daß dies

den hier zu erklärenden Hauptpunkt eigentlich gar nichts angehe.

Franklin (Briefe von der Elektr. durch Wilke S. 81. u. f.) leitet die Kraft der Spitzen, seinem System gemäß, von der Anziehung der Körper gegen die elektrische Materie her. Diese, sagt er, ist desto stärker, je größer die Oberfläche ist, welche einem Theile der elektrischen Atmosphäre zur Basis dient. Bey einer Spitze ist diese Basis in allen Fällen sehr klein, und der Körper, der elektrische Materie zu verlieren hat, wirkt hier durch seine Anziehung nur wenig entgegen, so wie etwa die Kraft, die eine Handvoll Haare auf einmal auszuziehen zu schwach wäre, eben dieselben leichtlich Haar für Haar ausreißt. Daher zerstreut sich die elektrische Materie leichter durch Ecken und Spitzen, als durch Seitenflächen. Franklin gesteht aber selbst, daß ihm diese Erklärung nicht Gnüge leiste (S. 82. §. 18.), und in der That liegt dabey, wenigstens den Ausdrücken nach, ein falscher Begrif von elektrischen Atmosphären zum Grunde, indem angenommen wird, die Elektricität des Körpers selbst umgebe ihn in Gestalt eines Dunstkreises.

Die neuern Franklinisten, z. B. Cavallo, nehmen die umgebende Luft zu Hülfe, welche stets mit leitenden Theilchen erfüllt ist. Eine Fläche von bestimmter Größe, sagen sie, verliert ihre Elektricität desto schneller, je mehr Luft sie berührt. Nun ist die Spitze einer Nadel fast gänzlich mit Luft umringt, dagegen ein gleich großer Fleck auf der Fläche eines Leiters weit weniger von Luft berührt wird. Auch erneuert sich die Luft an der Spitze öfter, und es gehen von Zeit zu Zeit neue noch unelektrisirte Theilchen vorüber. Daher muß sich die mitgetheilte Elektricität durch die Spitzen leichter, als durch andere Theile der Leiter, zerstreuen: auch müssen negative Spitzen die Elektricität am leichtesten annehmen, weil sie mit der kleinsten Fläche die gröste Menge Lufttheilchen berühren, aus denen sie einsaugen können. Hiebey wird aber die Luft nicht recht schicklich für das Medium der elektrischen Mittheilung angenommen, und die angegebne Ursache ist viel zu schwach, die ungemein große Stärke der Wirkungen zu erklären.

Digitized by Google

Ich habe mir immer die Wirkung der Spitzen auf folgende Art vorgestellt. Wir finden durchgängig, daß die **Mittheilung** anfängt, wenn die Wirkungen der Atmosphären oder die Erscheinungen der **Vertheilung** den Grad erreicht haben, der zu Ueberwindung des Widerstands nöthig ist. Vertheilung nemlich scheint Streben nach Mittheilung zu seyn, dessen Ausbruch nur durch irgend einen Widerstand gehemmt wird. Nun sind die Wirkungskreise bey Spitzen unendlich freyer, als bey platten Flächen, und fast gar keinem Widerstande ausgesetzt; sollte hieraus nicht ganz begreiflich werden, daß die Vertheilung hier unendlich leichter und fast augenblicklich in Mittheilung übergehen muß?

Was in dieser Rücksicht bey platten und abgerundeten Flächen statt findet, habe ich schon beym Worte Elektricität (Th. I. S. 744.) erwähnt. Die Punkte elektrisirter platter Flächen liegen nebeneinander, jeder in des andern Wirkungskreise; ihre $\pm$ E stoßen sich von allen Seiten her gleich stark ab, werden aber von den Punkten einer genäherten parallelen Fläche gleich stark angezogen, und dadurch in ein gegenseitiges Gleichgewicht versetzt, welches macht, daß die Mittheilung zwischen beyden Flächen nicht anders als durch einen völligen Uebergang des ganzen $\pm$ E aus beyden Flächen auf einmal, mit parallelen Bewegungen erfolgen könnte. Dabey müste die Elektricität der einen Fläche in die andere gleichsam in Gestalt einer großen cylindrischen oder prismatischen Scheibe, nach einer auf ihre Fläche senkrechten Richtung überfahren. Einem solchen Uebergange aber setzen die zwischenliegende Luft und die Anziehung der Flächen selbst gegen ihre E, einen viel zu starken Widerstand entgegen, daher die Mittheilung äusserst schwer wird, hingegen alles, was von Vertheilung und Wirkungskreisen abhängt, desto länger sichtbar bleibt.

Hat eine solche Fläche hervorragende Stellen, oder ist sie abgerundet, wie ABC Taf. XXIII. Fig. 24., so giebt es Punkte B in ihr, die andern genäherten Flächen abc näher, als die übrigen, liegen. Das $\pm$ E dieser Punkte wird von dem gleichartigen E der anliegenden Punkte A, C, so abge-

Digitized by Google

ſtoßen, daß ſchon daraus allein eine mittlere Richtung nach Bb zu entſteht, überdies wird es von abc ſtärker gezogen, als das in A und C. Hier braucht nicht mehr alles E aus ABC auf einmal mit paralleler Bewegung in abc überzugehen; es wird deſſen mehr nach B gelockt, wo nun der Ausbruch als ein ſchmaler Funken anfangen, das E aus A und C aber (das nun nicht mehr von B abgeſtoßen wird) nachfolgen und auch nach b übergehen kan u. ſ. w.

Wird endlich, wie Taf. XXIII. Fig. 25., eine elektriſirte Spitze B gegen eine Fläche abc gebracht, in der der Punkt b die entgegengeſetzte Elektricität hat, oder durch die Annäherung von B erhält, ſo wird fürs erſte das $\pm$ E der Spitze B ſchon durch das Abſtoßen des gleichartigen E der Theile A und C gerade nach b zu getrieben, ohne durch Wirkungskreiſe nebenliegender Punkte D und F geſtört zu werden. Fürs zweyte verwendet ſich die Anziehung des entgegengeſetzten E in der Fläche abc ganz allein auf den einzigen Punkt B, ohne ſich auf Nebenpunkte in D und F zu vertheilen. Widerſtand der Luft und Anziehung der körperlichen Maſſe ABC gegen ihr E verhalten ſich hier, wie der Zuſammenhang des Holzes, den eine ſpitzige Nadel leicht trennt, wenn er für eine ſtumpfe Stange unzertrennlich iſt. Hieraus wird ſehr begreiflich, warum bey Spitzen der Uebergang faſt augenblicklich mit den Wirkungen der Anziehung, oder mit der Vertheilung, zugleich anfängt, da hingegen bey platten Flächen die Vertheilung allein fortdauert, und oft ſogar bey der Berührung ſelbſt noch kein Uebergang erfolgt.

Man ſieht auch leicht, warum die Mittheilung bey Spitzen nur durch anhaltendes ſtilles Ueberſtrömen geſchieht. Nemlich der Funken iſt ein gewaltſamer Ausbruch eines $\pm$ E, das ſich erſt concentriren, und zu hinlänglicher Intenſität anwachſen mußte, um einen gewiſſen Widerſtand überwinden zu können. Hier, wo der Widerſtand, gegen die vorigen Fälle gehalten, unendlich klein iſt, fällt mit demſelben zugleich die Anſammlung und der gewaltſame Ausbruch hinweg. Inzwiſchen bleibt immer die Möglichkeit übrig, an Spitzen Funken zu ſchlagen, wenn allzuviel

Digitized by Google

E auf einmal übergehen muß, wie es auch die Erfahrung beſtätiget.

Wenn die Spitze im unelektriſirten Zuſtande mit der Erde verbunden iſt, und ihr ein elektriſirter Körper abc genähert wird, ſo muß eben das erfolgen: ſie bekömmt durch den Wirkungskreis von abc die entgegengeſetzte Elektricität, und nun iſt alles übrige, wie im vorigen.

Eine Folge dieſer Erklärungsart iſt, daß eine Spitze allein mehr wirken muß, als zwo, drey und mehrere zugleich. Denn, wenn ich mir bey Fig. 25. in D und F noch zween andere zugeſpitzte Leiter denke, ſo wird 1) ſchon das Ausſtrömen aus B durch die Repulſion der gleichartigen E in D und F gehindert, 2) wird die Anziehung der Fläche abc nicht mehr gegen das E in B allein verwendet, ſondern muß ſich durch alle drey Spitzen vertheilen, mithin ſchwächer werden. Hat der Körper abc ein +E, ſo erhalten alle drey Spitzen — E; nun ſtören ſie ſelbſt einander durch ihre Wirkungskreiſe, jede giebt der andern eine Neigung zu + E, und keine kan ſo ſtark — E erhalten, als eine einzige von ihnen allein erhalten hätte, u. ſ. w.

Dieſes iſt nun auch der Erfahrung völlig gemäß. Beccaria (Del elettricismo artif. p. 67.) bemerkt ſchon, daß zwo gleich ſcharfe Spitzen, einem elektriſirten Leiter genähert, erſt in der Hälfte derjenigen Entfernung leuchten, in welcher eine allein ſchon zu leuchten anfängt. Der Conductor einer Elektriſirmaſchine hört auf, Funken gegen einen Knopf zu ſchlagen, wenn man eine leitende Spitze dagegen bringt; bringt man aber eine zweyte Spitze hinzu, ſo erſcheinen die Funken von neuem. Briſſon führt dieſen Verſuch als einen Beweis an, wie unerklärlich die Wirkung der Spitzen ſey; er läſt ſich aber aus den Geſetzen der Wirkungskreiſe ſehr leicht begreifen. Bey meinem verſtorbnen Freunde D. Ludwig bin ich durch Verſuche überzeugt worden, daß die Nachbarſchaft mehrerer Spitzen das Einſaugen und Ableiten gewiß eher hindert, als befördert; daher es mir auch beſſer geſchienen hat, den Auffangungsſtangen der Blitzableiter nur eine einzige Spi-

Digitized by Google

ße zu geben (ſ. Cavallo, der deutſch. Ueberſ. 3te Aufl. S. 62. und den Art. Blitzableiter Th. I. S. 396.)

Uebrigens iſt dieſe meine Vorſtellungsart von den Wirkungen der Spitzen, von keiner Hypotheſe abhängig, und findet im franklinischen Syſtem eben ſo wohl, als bey der Vorausſetzung zwoer elektriſchen Materien, ſtatt. Sie bleibt, ohne alle Rückſicht auf die phyſiſchen Urſachen, blos bey den erwieſenen Geſetzen der Wirkungskreiſe ſtehen, und ſcheint mir ein Phänomen, das viele Phyſiker räthſelhaft finden, ganz leicht auf dieſe Geſetze zurückzuführen.

Das Anhaltende und Große in der Wirkung der Spitzen erklärt Herr de Lüc ſehr deutlich. Es beruht darauf, daß ſie zum Canale dienen, wodurch entfernte Leiter ſich mit andern Körpern ins elektriſche Gleichgewicht ſetzen, ohne daß die beyderſeitigen Wirkungskreiſe, die durch die Länge der Spitze auseinander gehalten werden, dieſes hindern. Die Spitze hört nicht auf zu wirken, bis der Leiter, zu dem ſie gehört, das Gleichgewicht mit den Körpern, die ſie umgeben, erreicht hat, und bis dahin wirkt ſie mit gleicher Kraft, anſtatt daß der Leiter, wenn er ſelbſt hier gegenwärtig wäre, durch ſeinen eignen Wirkungskreis den Uebergang erſchweren, oder wohl gar unmöglich machen würde. So hört das ſpitzige Ende eines langen in die Luft aufgerichteten Leiters nicht eher auf, ihr Elektricität zu rauben, bis dieſer ganze Leiter mit ihr im Gleichgewicht iſt. Iſt er alſo mit dem Boden verbunden, ſo trägt er unaufhörlich dazu bey, die Luft mit dem Boden ins Gleichgewicht zu bringen, woraus die großen Wirkungen der Blitzableiter und der Spitzen überhaupt bey ihrer geringen Größe begreiflich werden. Man muß ſich nur vorſtellen, daß nicht die Spitze allein wirkt, ſondern die ganze Maſſe des Erdbodens oder anderer großen Leiter, mit denen dieſelbe verbunden iſt.

Das Blaſen der elektriſchen Spitzen mag wohl von der beſtändigen Mittheilung oder dem Ausſtrömen derſelben herrühren, und mit der ſpinnwebenähnlichen Bewegung übereinſtimmen, die man in der Nähe aller ſtark elektriſirten Körper verſpüret. Ob es dem Ausgange der

Elektricität selbst, oder einer Bewegung der von der Spitze elektrisirten und abgestoßenen Luft zuzuschreiben sey, ist ungewiß. **Priestley, Cavallo, de Luc** u. a. nehmen es für einen Luftstrom an, und erklären daraus die Bewegung der elektrischen Räder, die sich aber auch im luftleeren Raume drehen, s. **Rad, elektrisches.**

Priestley Geschichte der Elektr. durch Krünitz. S. 81. 95. III. 276. 309. 390.

Franklins Briefe von der Elektr. durch Wilke. Leipzig, 1758. 8. S. 14. u. f. S. 78. u. f.

Brisson Dictionnaire raisonné de Physique, Art. *Pouvoir des Pointes.*

Cavallo vollst. Abhandl. der Lehre von der Elektr. a. d. engl. Dritte Aufl. Leipz. 1785. gr. 8. S. 204 u. f.

de Luc Neue Ideen über die Meteorol. a. d. frz. Berlin, 1787. gr. 8. I. Band. S. 225.

Sprachgewölbe, Sprachsaal, Fornix acusticus, *Voute acouſtique, Cabinet ſecret.* Ein Saal, der so gewölbt ist, daß man das, was an einem Ende leise gesprochen wird, am andern entferntern Ende hört, ob es gleich in den mittlern Stellen nicht gehört wird. Alles kömmt darauf an, daß die Wölbung elliptisch gekrümmt ist, weil die Ellipse Schallstralen, die aus einem Brennpunkte kommen, durch die Zurückwerfung im andern wieder vereiniget. So hört man, was in einem Brennpunkte gesprochen wird, durch die Wiedervereinigung mehrerer Stralen im andern. Im Gebäude der königlichen Sternwarte zu Paris ist ein solches Zimmer angelegt, und **Brydone** erzählt eine ähnliche, vielleicht nur zufällige, Wirkung von einer Kirche zu Girgenti (Agrigentum) in Sicilien.

Kircher hat im ersten Theile seiner Phonurgie viele alte und neuere Merkwürdigkeiten dieser Art gesammlet, wozu das sogenannte **Ohr des Dionysius** (Orecchio di Dionisio, Grotta della favella) zu Syrakus gehört, eine in Fels gehauene Grotte, deren Bau, der Sage nach, die leisesten Reden, die darinn geführt wurden, dem Tyrannen hörbar machte, und die nach Kirchern paraboliſch gewölbt

Digitized by Google

ſeyn muſte, weil die Parabel alle mit ihrer Axe parallelen Stralen in den Brennpunkt zurückwirft. Daß dieſe Grotte ein Werk des Dionyſius ſey, iſt wohl fabelhaft: inzwiſchen verſtärkt ſie den Schall ſehr. Die Schriftſteller, welche von ihr handlen, führt Herr Beckmann, (Beytr. zur Geſch. der Erfind. I. B. S. 467.) an.

Die Kuppel der Paulskirche in London iſt nach Derham ſo gebaut, daß man den Schlag einer Taſchenuhr von einem Ende bis zum andern hört, und daß das leiſeſte Geziſch gleichſam einen Umlauf um die ganze Kuppel macht. Dieſe Verſtärkung und Vervielfältigung des Schalles findet nicht blos unten an der Gallerie, ſondern auch an den höhern Stellen ſtatt, obgleich das Gewölbe oben eine große Oefnung für die Laterne hat. Auch in der Kirche zu Gloceſter verſtärkt das Gewölbe an der Oſtſeite des Chors den Schall dergeſtalt, daß ſich zwo leiſe redende Perſonen auf der Gallerie auf 25 Toiſen weit verſtehen können.

Briſſon Dict. raiſ. de phyſ. Art. *Cabinets ſecrets.*

Sprachrohr, Tuba ſtentorea ſ. ſtentorophonica, *Porte-voix.* Ein Werkzeug, das den Schall der menſchlichen Stimme verſtärkt, und auf größere Entfernungen fortführt. Wenn man die Oefnung A einer engen Röhre AD, Taf. XXIII. Fig. 26, an den Mund ſetzt, und leiſe hinein redet, ſo hört ein anderer, der am Ende D das Ohr anhält, die Rede deutlich, von der er nichts vernehmen würde, wenn die Röhre AD nicht da wäre. Es werden nemlich die Schallſtralen AB, AC, und unzählige andere, die ohne Röhre gerade fortgehen und D verfehlen würden, an den Wänden der Röhre zu wiederholtenmalen reflectirt, und endlich faſt alle nach D gebracht. Dadurch wird aber der Schall nur ſo weit zuſammengehalten, als die Röhre lang iſt. Denn von D aus zerſtreuen ſich die Stralen wieder nach E, F und unzähligen andern Richtungen. Gäbe man hingegen dem Rohre eine geſchickte Geſtalt von der Art, daß die Stralen zuletzt alle parallel, oder beynahe parallel aus ihm herausgiengen, wie Fig. 27, ſo würde es

den Schall der Rede auf noch größere Entfernungen stark, und dem Ohre vernehmlich, fortpflanzen.

Kircher (Ars magna lucis et umbræ, Amst. 1671. fol. p. 102.) führt aus einer Handschrift von des Aristoteles Secretis ad Alex. M. an, Alexander habe ein sehr großes Horn gehabt, womit er sein Kriegsheer 100 Stadien weit habe zusammenrufen können; wovon Kircher sogar die Zeichnung beyfügt. Morhof (Diss. de vitro per vocis sonum rupto in Diss. acad. Hamb. 1699. 4.) führt die Stelle dieses dem Aristoteles untergeschobnen Buchs, welches aus dem arabischen ins lateinische übersetzt zu Bologna schon 1516 gedruckt worden ist, ebenfalls, aber anders, als Kircher, an. In diesem Horne haben einige das älteste Sprachrohr finden wollen, welches Werkzeug also wenigstens die Araber schon gekannt haben müsten; aber die Zeichnungen zeigen, daß es nicht zum Sprechen dienen konnte, und also blos zu den Blasinstrumenten gehört, deren hohes Alterthum (s. Goguet Ursprung der Gesetze, Künste und Wiss. Th. I. S. 326.) niemand bezweifelt. Was man beym Porta (Magia natur. L. XX. c. 5.) findet, betrift das Hörrohr, nicht das Sprachrohr.

Die Erfindung des wirklichen und noch gewöhnlichen Sprachrohrs wird allgemein dem Ritter Samuel Morland zugeschrieben, der dasselbe 1670 in Gestalt einer weiten Trompete, zuerst aus Glas, dann aus Kupfer verfertigte, und viele Versuche damit in Gegenwart des Königs Carls II. und des Prinzen Robert anstellte (An account of a speaking trumpet, as it hath been contrived by *Sam. Morland*. London, 1671, auch auszugsweise in Philos. Trans. Num. 79. p. 3056.). Als diese Erfindung bekannt ward, behauptete Kircher, solche Werkzeuge schon vorher verfertigt zu haben. Aber was sich in seinen ältern Schriften (Ars magna lucis &c. Musurgia universalis s. ars magna consoni et dissoni. Romæ, 1650. fol.) findet, betrift blos Röhren, die an den Mund des Redenden und an das Ohr des Zuhörers zugleich angehalten werden, also Hörröhre, nicht Sprachröhre, sind, und die Phonurgie, wo er meldet, daß sich sein Hörrohr auch als Sprachrohr

gebrauchen lasse, ist erst 1673, also nach Morlands Schrift, herausgekommen. Auch Schott und Harsdörfer, auf deren Zeugniß sich Kircher beruft, reden nur vom Hörrohre. In Frankreich aber hatte ein Augustinermönch Salar schon 7 – 8 Jahre vorher die schwache Stimme eines Bassisten durch ein Rohr verstärkt, jedoch ohne die Absicht, in die Ferne zu reden (s. Journal des Savans, edit. de Hollande To. III. p. 126.).

Morlands Sprachrohr hat die noch jetzt gewöhnliche trichterförmige Gestalt, an der man nachher, ohne sonderlichen Erfolg, viel hat verbessern wollen. Cassegrain (Journal des Sav. a. a. O. p. 131.) schlug schon 1672 vor, ihm eine hyperbolische Gestalt zu geben, so daß die Axe des Rohrs die Asymptote dieser Hyperbel würde. Conyers (Philos. Trans. 1678. Num. 141. p. 1027.) verkürzte das Rohr, gab ihm die Gestalt einer Glocke, und ließ die Stimme durch ein anderes rechtwinklicht umgebognes Rohr zur Seite hineingehen, und von dem halbkugelförmigen Ende der Glocke abprallen. Johann Matthias Hase (Diss. de tubis stentoreis. Lips. 1719. 4.) setzt das Sprachrohr aus einem elliptischen und einem parabolischen Stücke so zusammen, daß der Mund in einem Brennpunkte der Ellipse angesetzt wird, der andere aber zugleich der Brennpunkt der Parabel ist. Dies scheint der Theorie nach eine sehr vollkommne Einrichtung zu seyn; aber die Erfahrung lehrt, daß sie die erwarteten Vortheile nicht gewährt, vermuthlich weil der Schall nie genau aus einem Punkte kömmt. Lambert (Sur quelques instruments acoustiques in den Mém. de l'acad. de Berlin. 1763. p. 87.) zeigt, daß die Form eines abgekürzten Kegels, wo nicht die beste, doch wenigstens so gut, als jede andere, sey.

Man hat auch geglaubt, das Sprachrohr müsse durch seine eignen Schwingungen, wie die Blasinstrumente, den Schall verstärken helfen, und daher von sehr elastischen Materien verfertiget werden. Dies ist unter andern Musschenbroeks Meinung (Introd. ad phil. nat. To. II. §. 2256.). Es ist aber hiebey zu bedenken, daß man beym Sprachrohre nicht blos Verstärkung, sondern auch Deut-

Digitized by Google

lichkeit der articulirten Töne verlangt, in welcher Rücksicht die Güte dieses Werkzeugs mehr von der Gestalt und Menge der Reflexionen, als von der Materie, abhängt.

Beckmann Beyträge zur Geschichte der Erfindungen, Erster Band, Leipz. 1782. 8. S. 455 u. f.

Erxleben Anfangsgr. der Naturlehre, 4te Aufl. Götting. 1787. 8. §. 273 — 276.

Springbrunnen, Fontainen, Fontes salientes, Aquae salientes, *Fontaines*, *Jets-d'eau*, *Eaux jaillissantes*. Die Springbrunnen sind künstliche Veranstaltungen, welche Wasser aus Oefnungen von Röhren so hervortreiben, daß es mit seiner erlangten Geschwindigkeit noch in freyer Luft aufsteigen oder springen muß. Im weitläuftigsten Sinne könnte man auch die Feuerspritzen hieher rechnen, s. **Druckwerk** (Th. I. S. 617 u. f.): gewöhnlich aber werden unter Springbrunnen nur die zum Vergnügen angelegten Springwasser verstanden, welche nicht von Menschen in Bewegung gesetzt, sondern durch andere Kräfte getrieben werden.

Man kan das Wasser entweder durch sein eignes Gewicht in communicirenden Röhren, oder durch Druckwerke, oder endlich vermittelst der Luft zum Springen nöthigen.

Wie es durch des Wassers **eignes Gewicht** geschehe, findet man beym Worte **Röhren, communicirende** (Th. III. S. 725. f.). Setzt man z. B. das Springrohr AB, Taf. XX. Fig. 118. mit einem höher liegenden Bassin CD durch ein Communicationsrohr in Verbindung, und erhält das Bassin stets angefüllt, so sollte das Wasser aus der **Oefnung des Springrohrs** F *(ajutage)* eigentlich bis in die verlängerte Horizontalebne CD hinaufspringen. Weil aber der freye **Wasserstral** FG durch keine Seitenwände mehr zusammengehalten wird, und sich also zertheilen und zurückfallen muß, so wird das aufsteigende Wasser durch die Bewegung des zurückfallenden gehindert; da nun hiebey noch Widerstand der Luft und Reibung an der Oefnung F mitwirken, so kan der Wasserstral FG nie ganz zu gleicher Höhe mit CD gelangen.

Digitized by Google

Mariotte (Traité du mouvement des eaux in den Oeuvr. de *Mariotte* To. II. Part. IV. Disc. I. übers. Grundlehren der Hydrostatik u. Hydraul. von D. Meinig. Leipz. 1723. 8.) fand durch viele Versuche ziemlich bestätiget, daß sich, wenn das Wasser durch gleiche Oefnungen springt, das Quadrat der Höhe des Wasserstrals, wie der Unterschied zwischen den Höhen von CD und von G, verhalte. Bey einer Wasserhöhe von 5 Fuß betrug dieser Unterschied nur 1 Zoll, bey 10 Fuß Höhe wird er also 4 Zoll, bey 15 Fuß Höhe 9 Zoll u. s. w. betragen. Man berechnet daraus leicht Mariotte's Tabelle, von der ich nur folgenden Auszug mittheile.

Wasserhöhe	Höhe des Strals	Wasserhöhe	Höhe des Strals
5 Fuß 1 Zoll	5 Fuß	60 Fuß 144 Zoll	60 Fuß
10 — 4 —	10 —	70 — 196 —	70 —
20 — 16 —	20 —	80 — 256 —	80 —
30 — 36 —	30 —	90 — 324 —	90 —
40 — 64 —	40 —	100 — 400 —	100 —
50 — 100 —	50 —	120 — 576 —	120 —

Oder: Wenn die Höhe des Strals in Schuhen ausgedrückt = b heißt, so ist die erforderliche Wasserhöhe $a = b + \frac{1}{100} b^2$.

Es ist bey dieser Regel vorausgesetzt, daß die Oefnung gerade dasjenige Maaß habe, bey welchem der Stral am höchsten steigt. Ist die Oefnung zu eng, so ist die Reibung stärker, ist sie dagegen zu weit, so wird die Höhe des Strals durch den Widerstand der Luft und das zurückfallende Wasser zu stark vermindert. Es giebt daher für jeden Fall eine gewisse Größe der Oefnung, für welche die Höhe des Strals ein Größtes wird, und für diese gilt die angegebene Regel. In Mariotte's Versuchen fand bey einer Wasserhöhe von 24 Fuß 5 Zoll die größte Höhe des Strals von 22 Fuß 10 Zoll statt, wenn der Durchmesser der Oefnung 6 Lin. betrug; bey 4 Lin. Durchmesser war der Stral um 1½ Zoll, und bey 3 Lin. um 8 Zoll niedriger.

Digitized by Google

s'Graveſande (Elem. Phyſ. To. I. §. 1584 ſqq.) hat auch gefunden, daß das Waſſer durch koniſch geendete Aufſatzröhren nicht ſo hoch ſpringt, als durch cylindriſche, die am obern Ende mit einer durchlöcherten Metallplatte geſchloſſen ſind. Bey einer Waſſerhöhe von 2 Fuß ſtieg der Stral durch die durchlöcherte Platte 2 Zoll höher und weit regelmäßiger, als durch das koniſche Rohr, wo die Friction viel ſtärker iſt. In der Theorie ſind dieſe Unterſuchungen ſehr verwickelt. Man ſ. Käſtner (Anfangsgr. der Hydrodynamik, Gött. 1769. 8. S. 168 u. f.) und Karſten (Lehrbegrif der geſammten Math. V Theil, Hydraulik, II Abſchnitt.)

Zu dieſer Art der Springbrunnen gehört im Kleinen auch der ſpringende Heber, der beym Worte Heber (Th. II. S. 584.) erwähnt, und Taf. XI. Fig. 62. abgebildet iſt. Einen andern hieher gehörigen, der, wenn er ausgelaufen iſt, wie eine Sanduhr umgekehrt wird, und ſo von neuem ſpringt, beſchreibt Wolf (Elem. Hydraul. Probl. 32.)

Durch beſonders dazu beſtimmte Druckwerke läſt ſich, wie man leicht erachten kan, das Waſſer auf erſtaunliche Höhen ſpritzen, wenn die drückende Kraft hiezu eine genugſame Gewalt hat. Zu dieſer Claſſe der ſpringenden Waſſer würden die Feuerſpritzen zu rechnen ſeyn. Vereiniget man die Leitröhren mehrerer Druckpumpen in ein einziges Steigrohr, ſo laſſen ſich aus der Oefnung des letztern Waſſerſtralen (*Jets d'eau*) von erſtaunlichem Umfange auf beträchtliche Höhen heraustreiben. Wenn dieſe Stralen ſehr dick und hoch ſind, ſo wird die Röhre zwar cylindriſch gemacht, und mit einer ſtarken durchlöcherten Platte geſchloßen, es befindet ſich aber in derſelben ein metallner umgekehrter Kegel, deſſen Durchmeſſer ein paar Zoll kleiner iſt, als der Durchmeſſer der Oefnung, dergeſtalt, daß zwiſchen dem Kegel und dem Rande der Oefnung rings umher eine Hölung bleibt, aus welcher der Stral hervorſpringt, der auf dieſe Art inwendig hohl, und daher auch nicht ſo ſchwer iſt, mithin durch die Gewalt der Druck-

Digitized by Google

werke viel höher getrieben werden kan, überdies auch keine so große Menge Wasser erfordert.

Bey Springbrunnen, welche zur Verzierung der Gärten, öffentlichen Plätze u. s. w. angelegt werden, pflegt man die Oefnungen auf sehr mannigfaltige Art zu verkleiden, oder dem springenden Wasser durch Aufsätze allerley Richtungen und Gestalten zu geben. Zeichnungen solcher Wasserwerke findet man in Menge, wiewohl nicht im besten Geschmacke, beym **Böckler** (Architectura curiosa nova, d. i. Neue Bau- und Wasserkunst. Nürnberg, 1664. fol.), besser bey **Switzer** (Introduction to a general System of hydrostatiks and hydrauliks. London, 1729. 4maj.).

Kleine bewegliche Springbrunnen durch den **Druck der Luft** zu treiben, verstanden schon die Alten; sie erklärten aber die Wirkung irrig aus der Vermeidung des leeren Raums. **Heron** von Alexandrien beschreibt in einem besondern Buche (Πνευματικῶν s. Spiritalium liber ed. a Commandino. Paris. 1575. 4.) viel solche Spielwerke, noch mehrere **Schott** (Mechanica hydraulico-pnevmatica. Herbip. 1657. 4.). Einige davon verdienen umständlicher angeführt zu werden.

Der **Heronsball** (pila Heronis) besteht aus einer gläsernen oder kupfernen Kugel AB, Taf. XXIII. Fig. 28, in welche die bis nahe an den Boden reichende Röhre CD eingekittet ist. Diese Röhre läuft oben bey C in eine spitzige Oefnung aus, und kan bey A mit einem Hahne verschloßen werden. Wenn man durch Saugen bey C (oder besser durch Aufschrauben auf die Luftpumpe, und Exantliren) die Luft in der Kugel verdünnet, den Hahn A verschließt, die Oefnung C unter Wasser bringt, und den Hahn wieder öfnet, so wird der Druck der Atmosphäre so lange Wasser in die Kugel treiben, bis die verminderte Luft in EAF gleiche Dichte mit der Luft im Zimmer erhalten hat. Treibt man alsdann mit dem Munde durch C mehr Luft hinein, so wird diese aus D durchs Wasser in den Raum EAD aufsteigen, und die Luft verdichten (noch besser geschieht dies, wenn man C auf eine Luftpumpe oder Compressionsmaschine schraubt, und die Luft in der

Digitized by Google

Kugel zusammendrückt, wozu aber die Kugel oder das Gefäß sehr stark und fest seyn muß). Man kan den Hahn eine Zeit lang verschloßen lassen; so bald man ihn öfnet, treibt der Druck der zusammengepreßten Luft in EAF das Wasser durch die Röhre DC, und bildet bey C einen kleinen Springbrunnen.

Statt des Heronsballs kan jedes Arzneyglas dienen, wenn man den engen Hals desselben luftdicht mit einem Korke verstopft, durch den eine wie CD gestaltete Röhre bis an den Boden des Glases hinabgeht. Wenn sich kein Hahn anbringen läst, so muß man die Oefnung C nach dem Saugen so lange, bis sie unter Wasser gebracht ist, mit dem Finger verschließen.

Der Heronsball, oder ein solches Glas, können auch durch **Erwärmung** gefüllt werden und springen. Erwärmung auf Kohlen verdünnt die Luft im Gefäße, und läst man dasselbe alsdann, mit der Oefnung C in kaltes Wasser gesteckt, wieder abkühlen, so treibt der Druck der äussern Luft Wasser hinein. Dieses Wasser springt durch C wieder heraus, wenn man das Gefäß wieder über Kohlen, oder in siedendes Wasser hält, in welchem letztern Falle man eine **schwimmende Fontäne** erhalten kan.

Der **Heronsbrunnen** (fons Heronis) Taf. XXIII. Fig. 29, besteht aus zweyen übereinanderstehenden luftdichten Gefäßen ABCD und EFGH, deren oberes eine in Form einer Schüssel vertiefte Oberfläche AB hat, und durch das Loch I, welches sich nachher wieder fest verstopfen läst, mit Wasser gefüllt werden kan. Dieses obere Gefäß ist mit einem Springrohre KL versehen, welches bis nahe an den Boden DC reicht, und bey K eine enge Oefnung hat. Ein zweytes Rohr OP hat seine obere Oefnung O in der Fläche der Schüssel AB, und reicht mit der untern P bis nahe an den Boden GH des untern Gefäßes. Ein drittes MN hat die untere Oefnung N in der Oberfläche des untern Gefäßes EF, und reicht mit der obern M bis nahe an AB. Sind diese Röhren stark genug, so tragen sie zugleich als Stützen das obere Gefäß, dem man sonst auch besondere Stützen geben kan.

Digitized by Google

Wenn man nun ABCD durch I mit Wasser füllt, das Loch wieder verstopft, und Wasser in die Schüssel AB gießt, so läuft dieses durch OP in das untere Gefäß. Hier muß ihm die Luft ausweichen; diese tritt also durch die Röhre NM bey M in das obere Gefäß, und verdrängt dadurch eben so viel Wasser aus seiner Stelle, als durch die Oefnung P ausgeflossen ist. Dieses verdrängte Wasser kan nirgends, als durch das Springrohr LK ausweichen; es springt also bey K heraus, fällt in die Schüssel AB zurück, und ersetzt dadurch den Abfluß, der durch OP ins untere Gefäß gegangen ist. Also dauert die Wirkung immer fort, und der Brunnen springt bey K so lange, bis alles Wasser aus ABCD herausgetrieben, und durch OP ins untere Gefäß gelaufen ist.

Von dieser sinnreichen Vorrichtung, die auf den ersten Blick nur Belustigung zur Absicht zu haben scheint, hat Joseph Carl Höll im Jahre 1753 eine sehr wichtige Anwendung auf die Förderung der Grubenwasser in Bergwerken gemacht, wovon Poda (Kurzgef. Beschreibung der bey dem Bergbau zu Schemnitz in Nieder-Hungarn errichteten Maschine, herausgeg. durch von Born. Prag, 1771.), Delius (Anleit. zu der Bergbaukunst. Wien, 1773. 4. S. 389) und Meister (De Heronis fonte educendis ex puteo aquis adhibito s. de Hydraulo pneumatico Schemnizensi in Nov. Comm. Soc. R. Gotting. To. IV. 1773. p. 169.) handlen.

Wie man den unterbrochnen Heber zum Springbrunnen einrichten könne, s. beym Worte Heber (Th. II. S. 584). Diese Einrichtung läst sich unter mannigfaltigen Gestalten abändern, und Comiers beym Wolf (Elem. Hydraul. Probl. 39.) beschriebene Fontäne, bey der das Wasser in einer gläsernen Kugel springt, ist nichts anders, als eben dieser unterbrochne Heber. Das Wasser läuft aus der Kugel durch ein langes Rohr aus, dadurch wird die Luft über demselben verdünnt, und der Druck der Atmosphäre treibt durch das Springrohr mehr Wasser aus einem offenstehenden Gefäße in die Kugel. Auch Kircher hat einen solchen Springbrunnen angegeben, den

Digitized by Google

Leupold (Theatr. mach. hydraul. To. I. Tab. II. Fig. 4.) abbildet.

Durch die Wärme kan man Waſſer in dem Gefäße ABCD, Taf. XXIII. Fig. 30, zum Springen nöthigen, wenn es durch das Loch L, das man nachher wieder verſchließt, bis H gefüllt iſt. Dieſes Gefäß hat ein bis faſt an den Boden reichendes Springrohr KI, und iſt mit dem untern Gefäße CDEF, welches leer bleibt, durch das Rohr HG verbunden. Setzt man EF über Kohlen, ſo wird die Luft im untern Gefäße ſtark ausgedehnt, bringt durch GH ins obere, und treibt das Waſſer, wie beym Heronsballe, durch IK aus.

Wenn man das leere Gefäß CDEF oben anbringt, und durch ofne Röhren mit AB verbindet, ſo hat man den Brunnen, der unten ſpringt, wenn unter dem Boden des obern Gefäßes Lichter angezündet werden (*Wolf* Elem. Hydraul. Probl. 35.).

Man fülle die gläſerne Kugel, Taf. XXIII. Fig. 31, durch die daran befindliche Röhre mit Weingeiſt, verſtopfe alsdann die Oefnung der Röhre, und ſetze ſie umgekehrt auf einen dazu ſchicklichen Fuß. An der Seite der Röhre gehen zwey enge aufwärts gekrümmte Glasröhrchen heraus, durch welche der Weingeiſt, weil er in der Kugel höher ſteht, ausläuft. Man zündet ihn nun hier an, ſo wird durch die Hitze der Flamme die Luft im obern Theile der Kugel ausgedehnt, treibt den Weingeiſt, der ſich beym Durchgange entzündet, mit Gewalt in die Höhe, und bildet im Dunkeln eine ganz artige Feuerfontäne.

Wolf Elem. Hydraulicae in Elem. Matheſ. univerſae, Cap. II. De motu aquae vi aëris contigui producendo et Cap. IV. De fontibus ſalientibus.

Eberhards erſte Gründe der Naturlehre, 3te Aufl. Halle, 1767. 8. S. 292. u. f.

Springgläſer, ſ. Glastropfen.

Springkolben, ſ. Bologneſer Flaſchen.

Spröde, Fragile, *Caſſant*. Spröde heißt ein feſter Körper, wenn man die Lage ſeiner Theile durch äuſſere

Gewalt nicht anders, als mit gänzlicher Trennung ihres Zusammenhangs, ändern kan. Ein solcher Körper dehnt oder streckt sich nicht unter dem Hammer; er zerbricht vielmehr unter demselben. Spröde Körper heissen daher auch **zerbrechlich**, und wenn sie sich durch geringe Kraft in sehr kleine Theile zertrennen lassen, **zerreiblich** (friabilia). Dem Spröden ist das **dehnbare**, streckbare, geschmeidige, biegsame entgegengesetzt, s. **Dehnbarkeit**, **Biegsamkeit**. Beyspiele spröder Körper sind Glas, Porcellan, gehärteter Stahl ꝛc.

Die Elasticität setzt zwar allemal voraus, daß ein Körper seine Gestalt ändern lasse: es scheint also, als könnten elastische Körper nicht spröde seyn. Aber Elasticität ist doch im Grunde nichts anders, als Widerstreben gegen Aenderung der Gestalt, und so könnte wohl sehr starke Elasticität in Sprödigkeit selbst übergehen. Dies ist gar nicht unwahrscheinlich, wenn man bedenkt, daß viele elastische Körper durch Vermehrung ihrer Dichtigkeit spröde werden (z. B. gehärteter Stahl, die Glastropfen, bologneser Flaschen, mehrere Körper in der Kälte), und daß sie sich wieder elastisch zeigen, wenn man durch Anlassen, Ausglühen, Temperiren im Kühlofen ꝛc. ihre Spannung vermindert.

In manchen Körpern trennen sich viele Theile von selbst mit, wenn man nur anfängt, einige zu trennen, und diese heissen vorzugsweise **spröde Körper**. Eine solche Eigenschaft scheint allemal einen hohen Grad von Elasticität und einen ungleichen Zusammenhang vorauszusetzen, durch welchen die Theile schon in eine gewaltsame Spannung versetzt sind, s. **Glastropfen**, **Bologneser Flaschen**.

Andere Körper, z. B. Holz, blättrige Steine u. dergl. lassen sich nur nach gewissen Richtungen leicht trennen, oder **spalten**. Sie bestehen aus Blättern oder Fasern, die an sich fest und elastisch sind, aber untereinander einen schwachen Zusammenhang haben, der durch ihre Elasticität überwunden werden kan. Treibt nun eine äussere Kraft die Blätter an einem Ende auseinander, und beugt dieselben,

Digitized by Google

so stellen sie sich, vermöge ihrer Federkraft, wieder gerade, und reissen dadurch auseinander.

Erxleben Anfangsgr. der Naturl. §. 35. 36.
Gren Grundriß der Naturl. §. 53. 56.

Sprödigkeit, s. **Spröde.**

Stahl, Chalybs, *Acier*. Der Stahl ist eine Art von vollkommnern und brauchbarern Eisen, welches geschmeidig ist, aber durchs Härten (*Trempe de l'acier*), d. i. durch Rothglühen und schnelles Ablöschen in kaltem Wasser hart, spröde und unbiegsam wird, durch neues Glühen hingegen seine vorige Geschmeidigkeit wieder erlangt. Je stärker diese Veränderungen sind, und je geringer die Hitze ist, durch die sie bewirkt werden, desto besser ist der Stahl.

Der Stahl hat nach dem Poliren einen weissern lichtgrauern Glanz, als das Eisen. Sein Bruch ist feiner und gleichkörnigter. Sein eigenthümliches Gewicht ist größer, als das vom Roheisen und Stangeneisen, und beträgt beym englischen Gußstahle 7, 919, nach einem Mittel aus Rinmanns Versuchen 7, 795 mal so viel, als das Gewicht des Wassers. Er ist fester, als Eisen, und kan durch Bearbeitung mehr Federkraft und Klang erhalten. Er nimmt den Magnetismus schwerer an, behält ihn aber weit länger; er rostet weniger, als geschmeidig Eisen, aber früher, als Roheisen. Er schmelzt später als Roheisen, und früher, als Stangeneisen. In der Schmelzhitze verbrennt er schneller, als Eisen, und eine Stahlfeder, an der Spitze glühend gemacht, brennt in dephlogistisirter Luft von selbst mit heftigem Funkensprühen.

In der Hitze läuft der Stahl mit sehr lebhaften Farben an, und wird bey dem Grade, in welchem Zinn fließt, erst strohgelb, hierauf purpurfarben; bey der Hitze, worinn Bley schmelzt, violet, roth, endlich dunkelblau und bey noch stärkerer Hitze hellblau, worauf er zum Glühen selbst kömmt. Der Stahl wird nach dem Härten durch das Anlassen oder Erhitzen bis zur gehörigen Farbe, wieder so weit erweicht, als es zu seiner Bestimmung nöthig ist.

Digitized by Google

läßt man ihn zum Glühen kommen, so wird er durchs Erkalten wiederum ganz weich.

Man erhält den Stahl aus einigen Eisenerzen, besonders den braunsteinhaltigen, gleich durchs erste Ausschmelzen, weit öfter aber durch die Kunst, aus dem Roheisen und dem geschmeidigen Eisen, entweder durch **Schmelzen** oder durch **Cementiren**. Der **Schmelzstahl** wird gewöhnlich aus sortirtem dazu geschickten Roheisen durch Schmelzen und wiederholtes Glühen, Schmieden und Härten; der **Brennstahl** hingegen aus geschmeidigem Eisen durch Cementation mit Kohlengestiebe (oder andern viel Brennbares, aber nur keinen Schwefel oder Vitriolsäure, enthaltenden Cementpulvern) bereitet, s. **Cementation**. Der Schmelzstahl wird doch für den besten gehalten. Der englische **Gußstahl** (cast-steel) ist Brennstahl, der noch mit einem Zusatze, der ihm seine Geschmeidigkeit erhält, geschmolzen ist. Der **Damascener Stahl** wird aus zusammengeschmiedeten Blechen von Stahl, weichem Eisen und sprödem Eisen bereitet, welche im Weißglühen zusammengedreht und geschmiedet werden.

Kein Metall, ausser dem Eisen, ist dieser mannigfaltigen Abwechselung seiner Schmelzbarkeit, Geschmeidigkeit, Glanzes u. s. w. fähig; die Erklärungen hievon sind aber noch immer sehr räthselhaft. Die Stahlbereitung war längst durch den Weg der Erfahrung bekannt, als **Reaumür's** erste lehrreiche Versuche (L'art de convertir le fer forgé en acier &c. Paris, 1722. 4. 1770. 4.) die Chymiker auf die Gedanken brachten, den Stahl für ein völlig reines, durch und durch metallisches, Eisen zu halten, da hingegen das Roheisen mit Schwefel vermischt und noch gleichsam vererzet, das Stangeneisen zwar vom Schwefel befreyt, aber doch noch mit vielen nicht reguliniſchen Eisenkalktheilen verunreiniget sey. Diese Theorie, aus der sich vieles leicht erklärt, ist lange Zeit die herrschende geblieben, bis **Bergmann** (Diss. de analysi ferri, resp. *Jo. Gadolin.* Upsala 1781. 4. und in Opusc. phys. chem. Vol. III. p. 1.) und **Rinmann** (Geschichte des Eisens, aus d. schwedischen übers. von **Georgi**. Berlin, 1785. 8. B. II. §. 266 u.

Digitized by Google

f.) gezeigt haben, daß man ſich unmöglich mit ihr befriedigen könne, und daß der Stahl, anſtatt den vollkommenſten metalliſchen Zuſtand des Eiſens auszumachen, vielmehr einen mittlern Zuſtand zwiſchen Roheiſen und geſchmeidigem oder Stangeneiſen darſtelle.

Aber dieſe großen Chymiſten erklären den Unterſchied der drey genannten Sorten des Eiſens auf ganz entgegengeſetzte Arten. **Bergmann** ſucht ihn zum Theil in den verſchiedenen Verhältnißen, in welchen das Eiſen mit fremden Stoffen, vorzüglich mit Reißbley und Braunſtein verbunden iſt, ſo, daß das Roheiſen das meiſte, der Stahl weniger, das geſchmeidige Eiſen am wenigſten Reißbley enthalte; hauptſächlich aber darinn, daß das Roheiſen mit der geringſten, das geſchmeidige mit der gröſten Menge von Phlogiſton verbunden ſey, der Stahl aber wiederum zwiſchen beyden das Mittel halte. Er ſucht dies aus der verſchiedenen Menge von brennbarer Luft zu erweiſen, welche man mit Vitriol- oder Salzſäure aus dieſen Stoffen erhält ꝛc., und erklärt ſo das Stahlmachen aus Roheiſen durch eine Zerſetzung des Reißbleys und ſtärkere Phlogiſtication, das Cementiren aber durch eine Erzeugung von neuem Reißbley, wozu Phlogiſton verwendet und alſo die Menge des im geſchmeidigen Eiſen vorhandenen vermindert werde. Dies letztere ſcheint freylich erzwungen, und iſt wenigſtens noch bey weitem nicht erwieſen: auch kan man aus der Menge von brennbarer Luft nicht ſicher auf die Menge des Phlogiſtons ſchließen.

Kinmann hingegen kehrt die Stufenleiter völlig um, und giebt dem Roheiſen die gröſte, dem geſchmeidigen hingegen die geringſte Menge von brennbarem Stoffe. Hieraus erklärt ſich alles ſehr leicht. Roheiſen mit Kohlenſtaub oder unter einer Glasdecke geſchmolzen, bleibt roh; für ſich allein, oder mit Kalkerde, Braunſtein u. dergl. geſchmolzen, oft an der Luft geglüht ꝛc. geht es in Stahl, mit Eiſenkalk geſchmolzen, in weiches Eiſen über: geſchmeidig Eiſen mit Kohlenſtaub geſchmolzen, kan zu Roheiſen oder Stahl werden, und geht mit brennbaren Pulvern cementirt, in Stahl über; ohne brennbaren Zuſatz

geglüht, wird es verkalkt; Roheisen schmelzt leichter, als Stahl, und dieser leichter, als weiches Eisen; letzteres läuft früher mit Farben an, als Stahl und Roheisen. Alle diese Erscheinungen fließen ganz natürlich aus den von Rinmann angenommenen Graden der Phlogistication der genannten drey Eisensorten. Inzwischen ist es möglich, daß Reißbley und Braunstein zu ihrer Verschiedenheit etwas beytragen können, da der Braunsteinkalk so viel Verwandschaft mit dem Phlogiston hat, und braunsteinhaltige Eisenerze so leicht Stahl geben. Doch ist es nicht ausgemacht, ob der Braunstein wesentlich zur Mischung des Stahls gehöre, oder nur zufällig darinn enthalten sey.

Von den verschiedenen Stahlbereitungen in mehreren Ländern handlen Jars (Metallurgische Reisen von 1757 — 1769, aus d. franz. von Gerhard. Berlin, 1777. II. B. 8.), Ferber (Physikal. metallurgische Abhandl. über die Gebirge und Bergwerke in Ungarn. Berlin u. Stettin, 1780. 8.), Peyrouse (Abhandl. über die Eisenbergwerke und Eisenhütten in der Grafschaft Foix. a. d. franz. von Karsten. Halle, 1789. 8.), Polhem (Schwed. Abhandl. 1740. B XI. S. 53.), Horn (Essays concerning Iron and steel. London, 1773. 8.), Perret (Mém. sur l'acier. Paris, 1779. 8. Perret's Abhandl. vom Stahle, a. d. f. Dresden, 178c. 8.), Herrmann (Beschreib. der Manipulation, durch welche in Steyermark, Kärnthen und Crain der brescianer Stahl verfertiget wird. Wien, 1787. 8.) nebst Reaumur's und Rinmanns obenangeführten Schriften.

Der Nutzen des Stahls erstreckt sich bis ins Unbeschreibliche. Ohne ihn würden wir die nöthigsten und nützlichsten Werkzeuge aller Art entbehren. Nach dem Härten läst er sich durch keine Feile mehr angreifen, sondern feilt, durchbohrt und zertheilt vielmehr die härtesten Körper. Kein Hammerschlag ändert seine Gestalt, sondern schlägt ihn eher, wie einen Kieselstein, in Stücken. Er ist in diesem Zustande der schönsten und lebhaftesten Politur fähig. Was den Nutzen des Stahls noch allgemeiner macht, ist, daß man seine Härte nach Belieben abändern und mäßi-

Digitized by Google

gen kan. Man findet im Handel völlig gehärteten Stahl, den man, um ihn zu strecken, zu feilen, und zur gehörigen Gestalt zu bringen, erst wieder erweicht oder anläßt. Zu den Stahlfedern giebt man ihm die blaue oder Federhärte, zu schneidenden Werkzeugen läst man ihn gelb anlaufen.

Macquer chym. Wörterb. Art. Stahl.
Gren system. Handb. der Chemie, II. Th. 2. B. §. 2735. u. f.

Statik, Statica, *Statique*. Die Lehre vom Gleichgewichte, insbesondere der festen Körper, da das Gleichgewicht der flüßigen tropfbaren in der Hydrostatik, der flüßigen elastischen in der Aerometrie oder Aerostatik abgehandlet wird. Was von dieser Wissenschaft zur Physik gehört, findet man bey den Worten: Gleichgewicht, Hebel, Wage, Rad an der Welle, Räderwerk, Rolle, Flaschenzug, Schiefe Ebne, Schraube, Zusammensetzung der Kräfte. Die Theorie der Maschinen gehört zur Statik, in sofern sich die Kräfte an denselben ruhig im Gleichgewichte halten, zur Mechanik, in sofern eine Kraft die andere wirklich bewegt.

Die statische Theorie der Maschinen ward unter den Griechen vom Archimedes bearbeitet, der in zweyen Büchern von gleichwichtigen Körpern die Lehre vom Schwerpunkte abhandelte und das Gesetz des Hebels erwieß, s. Mechanik, Hebel. Heron von Alexandrien brachte nach dem Berichte des Pappus (Collect. Mathem. L. VIII.) alle Rüstzeuge auf dieses Gesetz des Hebels zurück. Unter den Neuern ward die Statik der festen Körper schon im sechszehnten Jahrhunderte von Guido Ubaldi, Marchese del Monte (Mechanicorum libri VI. 1577.) und Simon Stevin (Beghinselen der Wegkonst. Amst. 1596. 4.) mit vielem Glück behandlet: vorzüglich erfand der letztere die richtige Theorie der schiefen Ebne, und den Satz vom Gleichgewichte zwischen drey Kräften, der als ein allgemeiner Grundsatz der ganzen Statik dienen kan.

Descartes (Tractat. de Mechanica, ed. in Opusc. posth. Amst. 1701. 4.) führte den Grundsatz ein, daß das Vermögen einer bewegenden Kraft dem Produkte der be-

Digitized by Google

wegten Masse in ihre Geschwindigkeit gleich sey. Nun findet zwar beym Gleichgewichte keine Bewegung, mithin auch keine Geschwindigkeit, statt; wenn man aber statt derselben diejenige Geschwindigkeit nimmt, welche im ersten Anfange einer Bewegung statt finden würde, so läst sich aus diesem Grundsatze das Gesetz des Hebels und die ganze statische Theorie der Maschinen herleiten. **Varignon** (Projet d'une nouvelle Méchanique. Paris, 1687.) versuchte die ganze Statik auf die Lehre von Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte zu gründen, welcher Vorschlag in seinem größern Werke (Nouvelle Méchanique ou Statique, ouvrage posthume de M. *Varignon*. à Paris. 1725. II. To. 4.) sehr sinnreich ausgeführt ist. Fast eben so ist die Theorie des Hebels zu gleicher Zeit von **Newton** (Princip. L. I. Ax. 3. Coroll. 2.) behandlet worden. Neuere Schriftsteller haben doch geurtheilt, daß alle diese Grundsätze einer strengen Methode nicht Gnüge leisteten; und erst Herr **Kästner** hat im Jahre 1753 einen vollkommen scharfen Beweis von der Theorie des Hebels gegeben, welcher mit der in de la Hire's Mechanik gebrauchten Schlußart etwas ähnliches hat, s. Hebel. Scharfsinnige Untersuchungen über diese ersten Gründe der Statik hat man von **Lambert** (Gedanken über die Grundlehren des Gleichgewichts und der Bewegung, in den Beyträgen zum Gebrauche der Mathem. II. Theil. Berlin, 1770. 8. Num. XI. S. 363. u. f.)

Die Statik unter einem besondern Titel abzuhandlen, ist nicht gewöhnlich. Man verbindet sie fast immer mit der gemeinen Mechanik oder Maschinenlehre. Dies geht so weit, daß sehr viele dem Titel nach mechanische Lehrbücher im Grunde nichts weiter, als Statik, enthalten. Ich kan mich also, was die statischen Schriftsteller betrift, ganz auf den Artikel **Mechanik** (Th. III. S. 173.) beziehen.

Stechheber, Antlia œnopolarum, *Larron*. Der Stechheber ist ein gläsernes, wie ABC (Taf. XXIII. Fig. 32.) gestaltetes, an beyden Enden A und C ofnes Gefäß, mit einem etwas weiten Bauche, aber sehr engen Oefnungen.

Digitized by Google

Die untere Oefnung C muß so eng seyn, daß sich Wasser und Luft, oder Wein und Luft, in ihr nicht ausweichen, die Oefnung A muß man mit dem Daumen verschließen können, indem das ganze Gefäß beym Henkel D gehalten wird.

Steckt man die untere Oefnung C durch das Spundloch in ein Faß mit Wein, so füllt sich das Gefäß nach hydrostatischen Gesetzen so weit an, daß der Wein darinn eben so hoch, als im Fasse, steht. Verschließt man nun A mit dem Daumen, und hebt das Ganze heraus, so werden zwar Anfangs ein paar Tropfen Wein aus C auslaufen, weil aber dadurch die Luft über dem Weine bey B verdünnt und ihre Elasticität geschwächt wird, bey C aber der Druck der äussern Luft entgegenwirkt, so wird dieses Auslaufen nur so lang dauren, bis die Elasticität der Luft in AB, und der Druck der Weinsäule BC zusammen, gerade dem Drucke des Luftkreises gleich sind. Alsdann läuft nichts mehr aus, und man kan fast das ganze Gefäß voll Wein aus dem Fasse heben.

Sobald man aber den Daumen wegnimmt und A öfnet, fährt die äußere Luft durch A, und der Wein, auf den nun bey B und C gleich elastische Luft wirket, läuft ungehindert durch sein eigen Gewicht aus. So läst sich mit dem ausgehobnen Weine ein Glas oder eine Flasche füllen. Dieses sehr bekannte Geräth ist ein deutliches Beyspiel zu dem, was beym Worte **Luft** (Th. III. S. 7. 8.) zum Beweise des Drucks der Luft vorgetragen wird. Dort findet man auch, warum die Oefnung C so eng seyn muß, daß Luft und Wein sich darinn nicht ausweichen können.

Eine andere Anwendung hievon ist das **Separatorium** der Chymisten Taf. XXIII. Fig. 33. Dieses dient, zwo mit einander vermengte Flüßigkeiten, die sich jedoch nicht auflösen, z. B. Wasser und Oel, genau von einander zu scheiden. Man saugt oder füllt das Gemenge in das Gefäß ein, läst es eine Zeitlang ruhig darinn stehen, bis sich durch die Wirkung der eigenthümlichen Schwere das leichtere oben, das schwerere unten gesetzt hat, und verstattet dann der untern Flüßigkeit den Ablauf ohne Schütteln.

Digitized by Google

Weil die untere Röhre eng iſt, ſo kan man die Grenze, an der ſich beyde Materien berühren, und den Augenblick, in welchem dieſe Grenze die untere Oefnung erreicht, ſehr genau wahrnehmen. In dieſem Augenblicke verſchließt man die obere Oefnung mit dem Finger — das Auslaufen hört auf, und das obere leichtere Fluidum bleibt allein im Gefäße zurück.

Steine, Lapides, *Pierres*. So nennt man die harten und feſten Körper von erdigter Natur — die verhärteten Erden. Es giebt keine Art von Erde, deren Theile nicht in einen ſtarken Zuſammenhang treten, und dadurch einen ſteinartigen Körper bilden könnten. Weil aber hiebey die Theile ſelbſt ihre Natur in keinem Stücke ändern, und bey der chymiſchen Unterſuchung noch immer die vorigen Eigenſchaften der Erden zeigen, ſo hat man in der Phyſik gar nicht nöthig, Erden und Steine von einander zu unterſcheiden. In mineralogiſcher Rückſicht, wo es auf die äußerlichen Kennzeichen ankömmt, iſt freylich der Fall anders. Vom Urſprung der Steine ſ. die Worte: **Cohäſion, Petrefacten, Verſteinerung.**

Stein, bononiſcher, Bologneſer Stein, ſ. **Phosphorus.**

Stein der Weiſen, philoſophiſcher Stein, Lapis philoſophorum ſ. philoſophicus, *Pierre philoſophale*. Dieſen Namen geben die Alchymiſten einer Materie, welche alle Metalle in Gold verwandlen und zugleich ein allgemeines Arzneymittel gegen alle Krankheiten abgeben ſoll. Nur die ausſchweifendſte Phantaſie hat ſo heterogene Begriffe, als die des Goldmachens und der Univerſalmedicin ſind, in dem Ziele ihrer Beſtrebungen vereinigen können. Der Umſtand, daß beyde ſchlechterdings nichts, als das Gewinnbringen, gemein haben, entdeckt ſehr deutlich den Grund dieſer ſonſt unbegreiflichen Schwärmerey — ſo traurig auch dieſe Bemerkung für die Ehre der Menſchheit iſt.

Es fehlt nicht an guten Schriften, welche die Nichtigkeit ſolcher Vorſpiegelungen deutlich vor Augen legen, ſ.

Digitized by Google

Alchymie. Ich begnüge mich, hier die Stelle mitzutheilen, in welcher schon Herr von Fontenelle (Hist. de l'acad. des Sc. de Paris. ann. 1722.) bey Gelegenheit einer von Geoffroy eingereichten Abhandlung diese alchymistischen Thorheiten schildert.

„Wäre nicht die Gewinnsucht eine so äusserst mächtige „und blinde Leidenschaft, so wäre nichts unbegreiflicher, „als daß vorgebliche Goldmacher für ihr Geheimniß Geld „fordern. Was für Geldbedürfnisse können denn so glückliche Sterbliche haben? Dennoch fallen noch täglich betrogne Menschen in die Netze sogenannter Adepten, hermetischer Philosophen, Kosmopoliten, Rosenkreuzer u. s. w., welche Leute durch ihre geheimnißvolle Sprache, ihr fanatisches Betragen und ihre ausschweifenden Versprechungen jedermann verdächtig werden sollten, leider aber in den Augen der meisten nur desto wichtiger werden.

„Gold aus Stoffen zu machen, die nicht Gold sind, „wie die Natur im Schooße der Erde thut, möchte wohl „der Kunst unmöglich seyn. Die Kunst hat noch nie einen Gran unedles Metall (welches nach den Alchymisten „ein der Natur mißlungenes Gold seyn soll), ja nicht einmal einen Kiesel hervorbringen können. Allem Ansehen „nach hat die Natur die Erzeugungen der Dinge sich allein „vorbehalten. Inzwischen muß man keinen Beweiß der „Unmöglichkeit verlangen. Man fordert ja dergleichen „von mehrern Dingen nicht, die doch niemand erwartet. „Unmöglichkeiten, die geometrischen ausgenommen, lassen „sich nicht demonstriren; aber der äußerste Grad von „Schwierigkeit, wenn ihn die Erfahrung bestätigt, muß, „wenn auch nicht in der Theorie, doch in der Ausübung, „als Unmöglichkeit behandlet werden.

„Die Alchymisten geben vor, das Gold in seine Grund„theile zersetzen, und eine Materie, einen Schwefel, daraus ziehen zu können, der z. B. mit Queckſilber oder Silber vermischt, das letztere in Gold verwandle, und dadurch die Menge des Goldes vermehre. Man hat aber „noch nie ein Metall in seine Grundstoffe zersetzt. Nur „verändern kan man diese Stoffe und unkenntlich machen;

„man weiß aber auch Mittel, ihnen ihre vorige Gestalt „wiederzugeben, weil ihre ersten Grundstoffe unzersetzt ge„blieben sind. Zwar hat man unter dem Brennspiegel „Zersetzungen bewirkt, zu denen das gewöhnliche Ofenfeuer „zu schwach gewesen wäre: diese würden aber den Alchymi„sten keinen Vortheil gewähren, da das Sonnenfeuer die „wirksamsten und kostbarsten Grundtheile der Metalle ver„flüchtigt, und nichts, als eine verglasete zu aller fernern „Behandlung unbrauchbare Schlacke, zurückläßt.

„Hätte man aber auch einen gehörig abgesonderten „Goldschwefel, so würde dieser, z. B. an Silber gebracht, „doch nichts weiter thun, als eine Masse Silber zu Gold „machen, die der Masse Gold gleich wäre, aus der man „ihn gezogen hätte. Gesetzt nun auch, diese Masse hätte „dadurch das völlige Gewicht und alle ursprünglichen Ei„genschaften des Goldes bekommen; war es bey dem allen „nicht eben so gut, jenen Goldschwefel da zu lassen, wo er „schon von Natur war? Was hat man denn weiter ge„wonnen, als einen artigen Versuch, der doch nicht ohne „Kosten abgegangen seyn kan?

„Freylich lassen die Alchymisten ihren Goldschwefel so „wirken, wie den Samen, der aufkeimt und zur Pflanze „wird, oder wie das Feuer, das sich durch brennbare Stof„fe verbreitet und vervielfältiget. Darauf laufen die Ge„schichten von eingestreuten Goldpulvern hinaus, wovon „schon wenige Stäubchen große Goldmassen hervorbringen „sollen. Aber welche Physik müste das seyn, die sich zu „Begriffen dieser Art bequemen könnte?

„Nur dann wäre Gewinn zu hoffen, wenn sich aus „Stoffen, die nicht Gold sind, z. B. aus Thau, Manna, „Honig u. dergl. ein Universalgeist ziehen ließe, der fähig „wäre, eine Portion Silber oder Kupfer in Gold zu ver„wandlen. Das geben zwar auch die Alchymisten vor, „aber was für Behauptungen sind dies, und welche Erwar„tungen lassen sich darauf gründen!

„Was dem Steine der Weisen noch mehr Verehrer „verschaft, ist das Vorgeben, daß er eine Universalarzney „abgebe. Woher aber wissen das die, die ihn suchen: und

Digitized by Google

„warum heilen die, die ihn besitzen, nicht damit alle Kran„ken? Schon dadurch könnten sie ja, ohne Entdeckung „ihres Geheimnißes, mehr Gold erlangen, als ihnen je„mals alle ihre Oefen liefern können. Untersucht man ge„nauer, woher es komme, daß dem Golde so wunderbare „physische Kräfte zugeschrieben werden, so findet man den „wahren Grund gar bald in dem willkührlichen conventio„nellen Werthe dieses Metalls, durch den dasselbe so tiefe „Eindrücke auf Verstand und Herz der Menschen macht.“

Stein, elastischer, biegsamer Stein, Lapis elasticus, *Pierre élastique*. Steine lassen sich sonst nicht beugen, und zeigen nur geringe Grade von Elasticität. Man kannte sonst nur die marmornen Tischplatten, welche im borgheſischen Pallaste zu Rom unter dem Namen Pietra elastica aufbewahrt, von Jaquier (Gazette litteraire d' Europe d. 12 Sept. 1764.) beschrieben, und von Ferber (Briefe aus Welschland, S. 110.) für antiken weissen Marmor von körniger Structur erkannt werden, dessen natürlicher Kütt in einigem Grade verwittert sey. Aber im Jahre 1784 erhielt der Baron von Dietrich durch den Mineralienhändler Dantz (s. *Rozier* Journal de physique An. 1784. und Lichtenbergs Magazin für das Neuste aus der Phys. III. B. 1 St. S. 53.) ein 10 Zoll langes, 2 Zoll breites und 4 – 5 Lin. dickes Stück Stein, das fast an jeder Stelle biegsam war, und wieder zurückschnellte, wenn das eine Ende auf dem Tische festgehalten, und das andere gehoben ward. Dieser Stein bestand aus krystallischen quarzartigen Körnern, die mit dem Stahle Feuer gaben, und in Glas schnitten, mit vielem eingesprengten Glimmer. Diese Steinart bricht in Brasilien in großen Lagern. Die genauern Untersuchungen der Herren Brückmann, Crell, Gerhard, Ehrmann (in Crells chem. Annalen 1784. 1785. 1786.) und vorzüglich des Herrn Klaproth (Schriften der berl. naturforsch. Ges. VI. Band, S. 325. in Lichtenbergs Magazin, IV. B. 1 St. S. 50.) haben gelehrt, daß es ein weisser mit Glimmer gemischter Sandstein sey, der aus lauter flachen länglichen Schuppen

Digitized by Google

von groſser Härte beſteht, die ſo in einander greifen, daß ihre Verkettung Gelenke oder Scharniere bildet. Der Stein hat daher keine zähe lederartige Biegſamkeit, ſondern wenn man ihn in aufrechter Stellung ſchüttelt, ſo ſchwankt er mit leiſem Geräuſch hin und her. Die Urſache der Federkraft liegt alſo in der Zuſammenfügung der kleinen Scheibchen, aus welchen die ganze Maſſe, ohne weitere Bindungsmittel, ſo ſonderbar zuſammengefügt iſt.

Steinkohle, Lithanthrax, Carbo foſſilis, *Charbon de terre.* Die Steinkohle iſt ein ſchwarzes, undurchſichtiges, ſpröddes, brennbares Mineral, das im Feuer einen ſchwarzen Dampf giebt, und eine Art von Schlacke zurück läßt. Sie wird zu den Erdharzen gerechnet, ſ. Erdharze. Oft iſt der Dampf ſchwefelicht von eingemengtem Schwefel oder Schwefelkies. Die Glanzkohle hat inwendig metalliſchen Glanz, mit groſsmuſchlichtem Bruche, die Pechkohle iſt im Bruche muſchlicht und feſt, die Schieferkohle ſchiefrig und zerreiblich.

Die Steinkohle findet ſich nur in Flözgebirgen, am häufigſten in Kalk- und Schieferbergen, oft nahe bey Alaun und Vitriolerzen, bey Salzquellen und Geſundbrunnen, hin und wieder unter Baſalt. Sie macht darinn meiſtens mehrere übereinanderliegende Flötze, die durch dünne Schichten andrer Bergarten getrennt ſind, und mit dem Horizonte bald kleinere, bald gröſsere Winkel machen. Die Kohlen der obern Flötze ſind nicht ſo gut, als die der tiefern; dagegen ſind tiefere Flötze dem Waſſer, und wenn ſie viel eingeſprengten Kies enthalten, den Selbſtentzündungen mehr ausgeſetzt.

Die trokne Deſtillation der Steinkohlen liefert eine groſse Menge brennbarer Luft und Luftſäure; mit der Vorlage erhält man zuerſt eine flüchtig alkaliniſche wäſſerichte Feuchtigkeit, dann ein empyreumatiſches Oel, wobey ſich ein flüchtiges Laugenſalz in feſter Geſtalt ſublimirt. Der Rückſtand iſt eine wahre Kohle mit etwas eiſenhaltiger Thonerde. Durch die Abſonderung der flüchtigen Theile wird die Steinkohle zum Gebrauch bey Hüttenarbeiten ge-

Digitized by Google

schickter, und es beruht hierauf das Verkohlen oder uneigentlich sogenannte Abschwefeln der Steinkohlen. Die Bestandtheile dieses Minerals sind also Phlogiston, Luftsäure, flüchtiges Laugensalz, Thonerde und Eisen; Fett oder Harz findet man nicht darinn.

Die Steinkohle dient vortreflich zur Feurung, indem 7 Pfund von ihr eben so viel, als 12 Pfund Büchenholz thun. Man kan das bey der Abschwefelung in Oefen aufgefangene flüchtige Laugensalz zur Salmiakbereitung, das dünnere Oel zur Erleuchtung, das dickere, als Theer, nützen, auch den bey der Verbrennung aufgestiegnen Ruß, wie Kienruß, und das Rückbleibsel zu Mörtel, schwarzem Glase und Porcellanformen gebrauchen.

Gren systm. Handbuch der Chemie, II. Th. 2. B. §. 1902. u. f.

Gmelin Grundriß der Mineralogie. Göttingen, 1790. 8. §. 513. u. f.

Sterne, Stellae, *Etoiles.* Unter diesem Namen begreift man die am Gewölbe des Himmels wahrzunehmenden Körper, mit Ausschluß der Sonne und des Monds.

Die beyden letztern nemlich, welche sich schon dem bloßen Auge als Scheiben von merklicher Größe darstellen, und die Oberflächen der Körper erleuchten, nennt man nicht Sterne. Die übrigen erscheinen weit kleiner, oder doch mit blassem trüben Lichte, wenn sie auch gleich, wie die Kometen, eine merkliche scheinbare Größe haben. Diese heißen Sterne. Sonne, Mond und Sterne zusammen werden Gestirne genannt, s. Gestirne.

Sternbilder, Sternfiguren, Asterismi, Constellationes, Imagines s. figurae cœlestes, *Astérismes ou Constellations.* Bey der unzählbaren Menge solcher Sterne, welche immer einerley Stand gegen einander behalten, s. Fixsterne, hat man von uralten Zeiten her mehrere benachbarte unter gewisse Bilder zusammengebracht, um sie desto besser zu unterscheiden und andern kennbar zu machen. Noch jetzt bedienen wir uns dieses Hülfsmittels, und geben

Digitized by Google

der Kenntniß dieser Bilder und der zu ihnen gehörigen Sterne den Namen der Astrognosie.

Die bey den ältesten Völkern gewöhnliche Bilderspra-che scheint diesen Gedanken erzeugt, wenigstens begünstigt zu haben. Nach einer Hypothese, welche der Abt Pluche (Histoire du ciel considerée selon les idees des poëtes, des philosophes et de Moise. Paris, 1739. II. To. 8. Des Herrn Abt Pluche Gesch. des Himmels. Dresden, 1740. 8.) sinnreich ausführt, soll sich der Ursprung der Sternbil-der von den ersten Völkern herschreiben, welche nach der Sündfluth die Ebne Sinear bewohnten, und vornehmlich die Sterne des Thierkreises in Bilder brachten, deren Be-deutung sich auf die, beym Stande der Sonne in ihnen, vorfallenden Begebenheiten der Viehzucht und des Feld-baus bezieht. Dem sey, wie ihm wolle, so sind doch die Sternbilder äusserst alt, und werden schon im Buche Hiob (Cap. IX. v. 9. Cap. XXXVIII. v. 31. 32.) erwähnt. Die Chaldäer, Babylonier, Egyptier, Phönicier ꝛc. haben sich unläugbar dieses Hülfsmittels bedient; auch die Sineser theilen den gestirnten Himmel in eine Menge kleiner Bil-der, die ihnen von ihren ältesten Vorfahren überliefert sind.

Die jetzt gebräuchlichen Sternbilder sind von den Griechen zu uns gekommen, die sie vielleicht großentheils von ältern Völkern angenommen, aber mit ihrer eignen Mythologie und ältesten Geschichte in Zusammenhang gebracht hatten. Nach diesen griechischen Sternbildern richtete Hipparch sein Verzeichniß ein, s. Fixsternverzeichniße, und da uns dasselbe von Ptolemäus im Almagest aufbehalten worden ist, so führen die 48 darinn vorkommenden Bilder noch jetzt den Namen der ptolemäischen (figuræ Ptolemai-cæ.) Sie sind folgende:

I. Zwölf im Thierkreise.

1. Widder	5. Löwe	9. Schütz
2. Stier	6. Jungfrau	10. Steinbock
3. Zwillinge	7. Wage	11. Wassermann
4. Krebs	8. Scorpion	12. Fische.

Digitized by Google

II. Ein und zwanzig in der nördlichen Halbkugel.

1. großer Bär	8. Pegaſus	15. Schlange
2. kleiner Bär	9. kleines Pferd	16. Herkules
3. Drache	10. nordl. Triangel	17. Adler
4. Cepheus	11. Fuhrmann	18. Pfeil
5. Caſſiopea	12. Bootes	19. Leyer
6. Andromeda	13. nordl. Krone	20. Schwan
7. Perſeus	14. Ophiuchus	21. Delphin

III. Funfzehn in der ſüdlichen Halbkugel.

1. Orion	6. großer Hund	11. Wolf
2. Wallfiſch	7. Hydra	12. Altar
3. Eridanus	8. Becher	13. ſüdl. Fiſch
4. Haaſe	9. Rabe	14. Schif Argo
5. kleiner Hund	10. Centaur	15. ſüdl. Krone.

Hiezu hatte noch **Conon** in Alexandrien das **Haar der Berenice** geſetzt, auch war das Bild des **Antinous** erſt ſpäter hinzugekommen (ſ. *Geſner* de Deo bono puero phosphoro in Comm. Soc. Gott. To. IV.). Gewiß ſind mit dieſen Bildern mehrere Veränderungen vorgegangen. Der Scorpion z. B. nahm ſonſt nach einigen den Platz der Wage mit ein; daher heißt er das große Thier (*μέγα θήριον Arat.*), und **Ovid** ſagt von ihm (Metam. L. II.)

Porrigit in ſpatium ſignorum membra duorum.

Virgil aber (Georg. I. 32.) läſt ihn ſeine Scheeren (chelas) einziehen, um der Wage, dem Sinnbilde der Vergötterung Auguſts, Platz zwiſchen ſich und der Jungfrau (Erigone) zu machen.

— novum ſidus te menſibus addas
Qua locus Erigonen inter Chelasque ſequentes
Panditur: ipſe tibi iam brachia contrahit ardens
Scorpius, et caeli iuſta plus parte relinquit.

Dieſe ptolemäiſchen Bilder beſchrieb **Aratus** (*Φαινόμενα καὶ διοσημεῖα* ex ed. *Jo. Felli.* Oxon. 1672. 8.) 250 Jahr v. C. G. in einem Gedichte, welches **Cicero**, **Cäſar Germanicus** und **Avienus** in lateiniſche Hexameter überſetzt haben (Aſtronomica veterum ſcripta iſagogica graeca

Digitized by Google

et latina. Heidelb. 1589. 8.). Marcus Manilius (Aſtronomicon libr. V. edit. *Regiomontani.* Norimberg. 1473. fol. cum comment. *Joſ. Scaligeri.* Heidelb. 1590. 8. cura *Boecleri.* Argent. 1655. 4. ed. *Bentleji.* 1739. 4.) trug zu den Zeiten Auguſts die Beſchreibungen und aſtrologiſchen Deutungen der Sternbilder in einem nicht übel verſificirten Gedichte vor, worüber Scaliger einen Commentar voll aſtrologiſcher Gelehrſamkeit geſchrieben hat. Die Fabeln der Dichter von dem mythologiſchen Urſprunge eines jeden Bildes findet man beym Hyginus (Poëticon aſtronomicum cum adnot. *Jo. Schefferi* et *Thom. Munkeri.* Hamb. 1674. 8. L. II.) und in der Mythologie des Natalis Comes. Das meiſte aus dieſen alten Schriften hat auch Riccioli (Almageſtum novum. Bonon. 1651. fol.) zuſammengetragen.

Aus kleinern Sternen, die die Alten, ohne ſie in Bilder zu ordnen, zerſtreut gelaſſen hatten (Sporades, informes), haben die neuern Aſtronomen noch mehr Bilder zuſammengeſetzt. So ſtellte Tycho de Brahe in ſeinem Sternverzeichniße das ſchon im Alterthum erwähnte Haar der Berenice und den Antinous wieder her, und Hevel (Firmamentum Sobieſcianum. Ged. 1690. fol.) führte noch folgende Sternbilder ein

1. Sobiesk. Schild	5. Jagdhunde	9. Eidexe
2. Einhorn	6. kleiner Löwe	10. kl. Triangel
3. Camelopard	7. Lynx	11. Cerberus
4. aſtron. Sextant	8. Fuchs mit d. Gans	

Einige neue Sternbilder der ſüdlichen Halbkugel, das Kreuz, die Taube, die große und kleine Wolke ſollen nach Herrn Bode von A. Royer 1679. hinzugeſetzt worden ſeyn. Sie ſtehen aber ſchon auf Bayers 1603 geſtochenen Platten, wo ſie auch nicht etwa erſt in folgenden Zeiten nachgeſtochen ſeyn können, weil ſie in dem dazu gehörigen Texte (Explicatio characterum, Vranometriae tabulis inſculptorum. Auguſtae. 1624. 8. p. 89. & 96.) erwähnt werden.

Die ſüdlichen in Europa unſichtbaren Sterne wurden zuerſt von den portugieſiſchen Seefahrern beobachtet und in

Bilder gebracht. **Bayer**, der sie 1603 in seine Uranometrie aufnahm, schreibt ihre Bildung dem Amerigo Vespucci, Andrea Corsali, und Pedro von Medina, die genauere astronomische Bestimmung dem **Petrus Theodori** zu. Diese südlichen Sternbilder sind folgende zwölf:

1. Indianer	5. südl. Triangel	9 Wasserschlange
2. Kranich	6. Paradisvogel	10. Schwerdfisch
3. Phönix	7. Pfau	11. fliegender Fisch
4. Fliege	8. amerikan. Gans	12. Chamäleon

Halley, welcher 1675 unter der Regierung Carls II. die südlichen Sterne auf der Insel St. Helena genauer beobachtete, setzte zu diesen Bildern noch die **Carlseiche** hinzu. Der Abt **de la Caille** aber fand bey den Beobachtungen, welche er von 1750 an auf dem Vorgebirge der guten Hofnung anstellte, noch Raum für 14 neue südliche Sternbilder; durch welche er das Andenken verschiedener Künste und neuerer Erfindungen zu verewigen suchte. Diese sind

1. Bildhauer-Werkstatt	6. Staffeley	11. Lineal und
2. Chymischer Ofen	7. Seecompaß	Winkelmaaß
3. Pendeluhr	8. Luftpumpe	12. Teleskop
4. Rautenförmiges Netz	9. Seeoctant	13. Mikroskop
5. Grabstichel	10. Zirkel	14. Tafelberg

Noch sind zum Andenken merkwürdiger Personen und Begebenheiten einzelne neue Sternbilder angegeben worden, z. B. von **le Monnier**, zum Andenken der Gradmessung in Lappland, das **lappländische Rennthier** nahe am Nordpol, und der **Einsiedler**, ein Vogel zwischen der Wage und dem Scorpion; von Herrn **de la Lande** ein *Mesrier* (Custos mesium) zwischen der Cassiopea, dem Cepheus und dem Camelopard, Herrn **Messier** (der besonders durch Kometenentdeckungen berühmt ist) zu Ehren; **vom Abt Poczobut** in Wilna der **poniatowskysche Ster**, das Familienwappen des Königs in Polen, zwischen dem Schlangenmann und Adler; von den berliner **Astronomen Friedrichs Ehre**, ein allegorisches Bild zum Andenken **Friedrichs II.** an der Hand der Andromeda.

Digitized by Google

Gottfried Kirch hatte schon 1688 die sächsischen Churschwerdter und den brandenburgischen Scepter an den Himmel versetzt, welchem letztern Bilde Herr Bode seine alte Stelle wieder eingeräumt hat. Neulich hat der P. Hell (Monumenta aere perenniora inter astra ponenda. Vienn. 1789. 8.) zu Ehren des Königs von Großbritannien und zum Andenken des Herrn Herschel noch drey neue Sternbilder, das Psalterium Georgianum und zwey Teleskope, in den Thierkreis versetzt. Diese Veränderungen machen, daß man die Anzahl der jetzt gebräuchlichen Sternbilder, die sich ohngefähr auf hundert erstreckt, nicht ganz genau angeben kan.

Die Fixsterne selbst, welche in diesen Bildern vorkommen, werden mit den Buchstaben des Alphabets so bezeichnet, daß man den größten oder hellsten die ersten, den von der zweyten, dritten Größe u. s. w. der Ordnung nach die folgenden Buchstaben beylegt. Johann Bayer hat dies zuerst in Ordnung gebracht, und sich dabey der griechischen Buchstaben bedient, z. B. α der Leyer, δ des großen Bären ꝛc.; wobey er die lateinischen nur zu Hülfe nimmt, wenn das griechische Alphabet für ein Sternbild nicht ausreicht. Diese Bezeichnung behielt Flamstead in seinen großen Himmelskarten bey, und sie ist seitdem von den Astronomen allgemein angenommen worden. Hevel hat sie doch nicht gebraucht, und Doppelmayr, der ihm ganz folgt, hat daher die Sterne mit lateinischen Buchstaben in ganz anderer Ordnung bezeichnet, z. B. A der Leyer, C des großen Bärs ꝛc. welches sehr unbequem ist, und bey dem häufigen Gebrauche der doppelmayrischen Karten in Deutschland, eigne Verzeichniße nöthig macht, worinn beyderley Namen mit einander verglichen werden. Solche Verzeichniße enthalten die Einleitungen zur Sternkenntniß, welche im Artikel Astrognosie angeführt sind.

Julius Schiller, ein Patricier zu Augspurg (Coelum stellatum Christianum. Aug. Vind. 1627. fol.) fand die heidnischen Sternbilder anstößig, und besetzte den Thierkreis mit den zwölf Aposteln, die nördliche Halbkugel mit Figuren des neuen, und die südliche mit Bildern des alten

Teſtaments. **Wilhelm Schickard**, Profeſſor zu Tübingen (Aſtroſcopium. Vlm. 1659. 8.) gab wenigſtens den alten mythologiſchen Bildern bibliſche Deutungen. **Erhard Weigel** (Coelum heraldicum. Jenae, 1657. 12.), der ſich um die Verfertigung der Globen ſehr verdient gemacht hat, bildete aus den Sternfiguren Wappen der europäiſchen Fürſten und anderer Stände, z. B. aus der Leyer die Harfe von Irland, aus dem Siebengeſtirn das Einmaleins, als das Wappen der Kaufleute. Da man die Bilder der Alten doch muß kennen lernen, ſo haben alle dieſe Unternehmungen keinen Beyfall gefunden.

Abbildungen der Sternfiguren geben die Himmelskugeln und Sternkarten, von welchen letztern der nächſtfolgende Artikel handlet.

Käſtner Anfangsgr. der Aſtron. 3te Aufl. Göttingen, 1781. 8. §. 112. u. f.

Bode Anleitung zur Kenntniß des geſtirnten Himmels, an mehrern Stellen.

Sternkarten, Himmelskarten, Mappae coeleſtes ſ. aſtronomicae, *Cartes céleſtes*. Vorſtellungen der Himmelsfläche mit den Sternen und Bildern, oder auch einzelner Theile derſelben, auf ebnen Flächen. Die den ganzen Himmel in zwo Halbkugeln vorſtellen, heiſſen **aſtronomiſche Planiſphäre oder Planiglobien** (Planiſphaeria ſ. Planiglobia coeleſtia) ſ. **Planiſphär**. Bey den Himmelskarten werden dazu gewöhnlich Polarprojectionen gewählt, wobey entweder die Weltpole, oder die Pole der Ekliptik, in die Mitte kommen.

Kleine Theile der Himmelsfläche ſtellt man insgemein ſo vor, als ob ſie ganz eben wären, wie man bey Abbildung kleiner Länder verfährt, ſ. **Landkarten** (Th. II. S. 854.). Ganze Zonen des Himmels, z. B. den Thierkreis, kan man, in Theile zerlegt, eben ſo behandlen, daß die Kreisbogen als gerade Linien dargeſtellt werden, die auf einander ſenkrecht ſtehen oder parallel laufen.

Die beſte Art der Verzeichnung für größere Stücke des Himmels iſt die **Centralprojection**. Man nimmt da-

Digitized by Google

bey an, das Auge stehe im Mittelpunkte, und betrachte die hohle Fläche der Kugel. Auf einer die Kugel berührenden Ebne wird nun jeder Punkt der Kugelfläche da abgebildet, wo die gerade Linie aus dem Auge nach ihm, verlängert die Ebne trift. Die Theorie dieser Projection lehrt Herr **Kästner** (Acta Acad. Mogunt. ad ann. 1776. p. 172.). Man übersieht leicht, daß sich auf diese Art nur Theile, nie völlige Halbkugeln, darstellen lassen; auch werden gleiche Distanzen am Rande der Vorstellung größer, als in der Mitte, welches die Gestalten der Bilder verzerrt, wenn der abzubildende Theil groß ist.

Da die Theorie der Planisphäre schon von **Ptolemäus** bearbeitet war, s. **Planisphäre**, und solche Verzeichnungen der Kreise an der Himmelskugel, unter dem Namen der **Astrolabien**, bey den Astronomen im 16ten Jahrhunderte häufig gebraucht wurden, so brachten schon die ältesten Verfertiger der Landkarten, **Sebastian Münster**, **Ortelius** u. a. Abbildungen der Gestirne auf Planisphäre, in der Folge auch **Blaeu**, **Peter Schenk** und **Gerard Valk**, **Zimmart** u. a. Sie sind aber nicht alle nach richtigen Projectionen gezeichnet. Richtig entworfene, wenn sie mit einer der Polhöhe des Orts gemäßen Projection des Horizonts verbunden werden, lassen sich völlig, wie die Astrolabien, zu Auflösung vieler astronomischen Aufgaben gebrauchen. Von dieser Art sind die Planiglobien von **Habrecht** (Planiglobium coeleste et terrestre. Argentor. 1628. 4. verdeutscht und mit Horizonten vermehrt von **Johann Christoph Sturm**. Nürnberg, 1666.), **Bartsch** (Planisphaerium stellatum. Argent. 1624. 4. Nürnb. 1684.) **Harris** (Stellarum fixarum hemisphaerium boreale et australe pro anno 1690. 2 engl. Fuß im Durchmesser und sehr gut gezeichnet), nebst mehrern neuern, die ich weiter unten anführe.

Unter den Vorstellungen einzelner Sternbilder zeichnet sich ganz vorzüglich **Bayers** Arbeit aus (*Jo. Bayeri*, Rhainani J. C. Vranometria, omnium asterismorum continens schemata. Aug. Vindel. 1603. fol. maj. rec. Vlm 1661.) wo auf 51 von **Alexander Mair** schön gestochnen Kupferplat-

ten alle Sternbilder der Alten nach Tychons Verzeichniße genau dargeſtellt ſind. Dieſe Tafeln ſtellen die hohle Seite des Himmels vor, da die ältern Planiſphäre die erhabne abbildeten. Hiebey hätten nun auch die Bilder ſo umgekehrt werden ſollen, daß ſie dem Zuſchauer, wie am Himmel ſelbſt, die Vorderſeite zuwendeten, da ſie ihm auf dem Globus den Rücken kehren. Dies hat aber der Künſtler nur bey einigen in Obacht genommen; daher Herkules und Orion beym Bayer die Keule in der linken Hand halten, und in den meiſten Beſchreibungen das pars ſiniſtra wird, was beym Ptolemäus dextra iſt. Inzwiſchen iſt dieſer von Schickard, Hevel und Flamſtead gerügte Fehler ohne Folgen, wenn man die Seiten der Bilder nicht nach der Rechten und Linken, ſondern wie es ohnedies üblich und beſtimmter iſt, nach der Ordnung ihres Durchgangs durch den Mittagskreis (humerus *praecedens*, pes *ſubſequens*) oder allenfalls nach der Weltgegend (öſtlicher Fuß u. dergl.) unterſcheidet. Bayers Nomenclatur der Sterne iſt allgemein angenommen, und ſein Werk in dieſem Fache claſſiſch. Man erwartete ſeit 1748 eine neue Ausgabe deſſelben von D. Bevis in England, zu der die Platten ſchon fertig lagen, die aber durch Streitigkeiten zwiſchen dem Herausgeber und den Erben eines Intereſſenten liegen blieb (ſ. *Bernoulli* Lettr. aſtronomiques. p. 108.). Der Benediktiner und Profeſſor in Salzburg P. Corbinian Thomas (Firmamentum Firmianum. Aug. Vindel. 1731. 4.) hat die bayeriſchen Bilder copirt und die Stellen der Sterne auf das Jahr 1730 reducirt.

Hevel fügte ſeinem im Jahre 1690 herausgegebenen Sternverzeichniße einen ſauber geſtochnen Himmelsatlas auf 54 Platten (Firmamentum Sobieſcianum ſ. Uranographia) bey, welche die Sternbilder ſo darſtellen, wie ſie von auſſen betrachtet auf dem Globus erſcheinen. Jede Platte enthält ein Sternbild mit den Theilen der zunächſt angrenzenden. Auch ſind hier die ſüdlichen halleyiſchen und die von Hevel ſelbſt hinzugefügten Sternbilder zu finden; jedoch ohne Buchſtaben, und in ſchwerfälligere gezeichneten Bildern, als beym Bayer.

Digitized by Google

Die beſten und vollſtändigſten Himmelskarten ſind die von Flamſtead, welche zu ſeiner Hiſtoria coeleſti gehören, und erſt nach ſeinem Tode auf 28 Bogen im gröſten Format (Atlas coeleſtis. Lond. 1729.) herauskamen. Jedes Blatt ſtellt eines oder mehrere Sternbilder mit den Theilen der angrenzenden ſo vor, wie ſie an der hohlen Kugelfläche geſehen werden. Man findet darinn 56 Bilder, ſo weit ſelbige zu Greenwich aufgehen, mit Bayers Buchſtaben, aber mit einer bis auf 2919 vermehrten Anzahl der Sterne. Eine neuere ins kleine gezogne Ausgabe hievon hat Fortin (Atlas céleſte de Flamſteed en 30 Cartes par *Jean Fortin.* à Paris. 1776.) beſorgt, die Platten nach Höhe und Breite auf ein Drittel verkleinert, die neuern Bilder von le Monnier und de la Caille beygefügt, auch 2 Planiſphäre, welche die hohle Seite darſtellen, hinzugeſetzt, nebſt einer Karte, welche dient, ſich die Sterne durch Zuſammenziehung der vornehmſten mit geraden Linien (*Alignement*) bekannt zu machen.

Der Profeſſor Doppelmayr gab im Jahre 1742 in der Homanniſchen Officin zu Nürnberg einen aſtronomiſchen Atlas von 30 Karten heraus, wovon zehn (Num. 16 – 25.) eigentliche Sternkarten ſind. Vier davon ſind Planiſphäre, zwey nach dem Aequator, zwey nach der Ekliptik, abgetheilt, aber nach keiner richtigen Projection gezeichnet. Die ſechs übrigen (Globi coeleſtis in tabulas planas redacti Pars I - VI) ſtellen den Himmel auf ſechs Ebnen vor, welche die Kugel wie ſechs Seiten eines Würfels berühren, ſo daß zwo dieſer Seiten an den Weltpolen, zwo an den Aequinoctialpunkten, und zwo an dem 90ſten und 270ſten Grade des Aequators anliegen. Auf jede dieſer Ebnen iſt die Centralprojection des zugehörigen Theils der Himmelskugel verzeichnet, und ſo der ganze Himmel auf 6 Karten gebracht, wobey freylich das unbequem iſt, daß viele Sternbilder an den Rändern der Karten zerriſſen werden. Dieſe Karten enthalten 1870 Sterne in 75 Bildern nach Hevel, aber ſtatt der bayeriſchen mit eignen lateiniſchen Buchſtaben bezeichnet. Sie ſind unter uns am leichteſten und wohlfeilſten zu haben, empfehlen ſich auch

Digitized by Google

durch die zweckmäßige Illumination, bey der ſich die gelben Sterne auf blaßblauem Grunde ſehr kenntlich ausheben.

Auf ſechs ſolchen nach der Centralprojection verzeichneten Karten hatte auch ſchon der P. Pardies (Paris 1674.) den Himmel vorgeſtellt, welche Abbildungen bey Weigeln zu Nürnberg nachgeſtochen ſind.

Von der Fortinſchen Ausgabe des Flamſteadiſchen Atlas hat Herr Bode (Vorſtellung der Geſtirne auf XXXIV Kupfertafeln. Berlin und Stralſ. 1782. in kl. Landkartenformat) eine neue Auflage veranſtaltet, welche durch die Vollſtändigkeit der Verbeſſerungen und Zuſätze alle Wünſche der Kenner befriediget. Sie enthält auſſer den Fortinſchen noch vier neue Karten, wovon zwo die vornehmſten ſternreichen Gegenden des Himmels, ingleichen die Nebelſterne und Sternhäuflein, zwo andere die Himmelskugel für die Zeit der alten Griechen und Römer darſtellen. Die Anzahl der Sterne iſt nach den neuſten und beſten Beobachtungen bis über 5000 vermehrt, und ein ſehr vollſtändiges Verzeichniß beygefügt, wovon ich ſchon bey dem Worte Fixſternverzeichniße geredet habe.

Vaugondy gab 1764 Planiſphäre heraus, welche auf zwey großen Blättern die erhabne Seite der Himmelskugel vorſtellen. Die Contours der Bilder ſind roth, die Sterne ſelbſt ſchwarz abgedruckt. Jedes Sternbild iſt noch mit einer Grenzlinie umſchloßen, welche alle dazu gehörige Stene umringt, die ſich oft nicht in die Zeichnung des Bildes ſelbſt hineinzwingen laſſen. Eine neue Ausgabe dieſer Planiſphäre mit vielen Vermehrungen hat Fortin 1779 beſorgt.

Des P. Chryſologue de Gy, eines Capuciners, Planiſphäre von 2 pariſ. Schuh Durchmeſſer, deren Gebrauch ſein Abregé d'Aſtronomie (Paris 1778. 8.) lehrt, ſtellen ebenfalls die erhabne Seite des Himmels, mit einer ſehr großen Menge, auch ganz kleiner Sterne, mit den bayeriſchen und flamſteadiſchen Buchſtaben, vor. Der Profeſſor Funk in Leipzig (Anweiſung zur Kenntniß der Geſtirne auf zwey Planiglobien u. ſ. w. nach Bayer und Vaugondy. Leipzig. 1777. 8.) hat die Vaugondyſchen Karten

umgekehrt, und die hohle Seite dargestellt, welches zur Astrognosie allerdings bequemer ist, und selbst von de la Lande (Astr. §. 1738.) vorgezogen wird. Herr Bode (Beschreibung und Gebrauch einer allgemeinen Himmelskarte, mit einem durchscheinenden Horizont. Berlin, 1786.) stellt auf einer einzigen, 23 rheinl. Zoll im Durchmesser haltenden, Scheibe einen stereographischen Entwurf der hohlen Himmelskugel vom Nordpole bis zum 38sten Grade südlicher Abweichung, mit mehr als 3000 Sternen dar. Eben diese Karte gehört auch als Beylage zu der neusten Ausgabe seiner Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels (Berlin, 1788.). Statt des transparenten Horizonts, den man dazu erhält, verfertigt Herr Höschel in Augsburg auf Bestellung gläserne Horizonte für jede beliebige Polhöhe.

Man hat auch besondere Karten über die Sterne des Thierkreises. Eine solche lieferte Senex in England am Ende des vorigen Jahrhunderts (Zodiacus stellatus) auf zwey großen Bogen, wo die Sterne nach Flamsteads Beobachtungen bis zu $7\frac{1}{2}$ Grad der Breite sehr genau verzeichnet sind. Dheullands 1755 gestochne Thierkreiskarte stellt die Sterne nach den vollständigsten Verzeichnißen bis zum 10ten Grade der Breite vor, und ist, wie die von Senex, von 15 zu 15 Minuten der Länge und Breite nach, gitterförmig eingetheilt.

Wer Sternkarten brauchen will, um den Himmel kennen zu lernen, wünscht vor allem, daß ihr Anblick das Auge nicht angreife, wenn er genöthigt ist, im Dunkeln abwechselnd den gestirnten Himmel und das vom Lichte erleuchtete Papier zu betrachten. Diese schöne Eigenschaft mangelt den meisten Sternkarten, selbst den besten und genausten. Die bläulichilluminirten doppelmanrischen mit gelben Sternen sind in dieser Absicht weit schätzbarer, als manche sonst vorzüglichere; auch die vaugondyschen Planisphäre zeigen ihre schwarzen Sterne bey den rothen Umrissen der Bilder deutlich genug, nur daß das Papier zu weiß ist. Ganz vorzüglich, wenigstens für meine Augen, sind Abbildungen, welche auf schwarzem Grunde die

Linearumriſſe der Bilder und die Sterne ſelbſt weiß zeigen. Ich kenne dergleichen nur in einem einzigen Buche, das auſſerdem nicht den mindeſten Werth hat (M. C. G. Semlers Aſtrognoſia nova. Halle 1742. 8.). Es ſind 35 Platten in Octavformat, von des Verfaſſers Vater verfertiget, und nach einer Anzeige der Vorrede ſchon vorher unter dem Titel Coelum ſtellatum &c. ohne Beſchreibung abgedruckt.

Käſtner Anfangsgr. der Aſtronomie. Dritte Aufl. §. 118. u. f.

Bode Anleitung zur Kenntniß des geſtirnten Himmels, Fünfte Aufl. Berlin, 1788. gr. 8. S. 96 u. f.

Sternkegel, Coniglobia, *Coniglobes*. Vorſtellungen der hohlen Kugelfläche des geſtirnten Himmels, auf der innern Fläche zweener gleichſeitigen Kegel. Da die künſtliche Himmelskugel nur die äuſſere erhabne Fläche darſtellt, und hohle Kugeln, in deren Inneres man ſehen könnte, unbequem ſeyn würden, ſo hat man zur Vorſtellung der hohlen Fläche Kegel dienlich gefunden, die ſich ſehr wohlfeil von Pappe machen laſſen, und zu denen die Netze leicht zu verfertigen ſind. Jede Halbkugel des Himmels füllt die innere Fläche eines ſolchen Kegels ſo aus, daß der Pol in die Spitze, der Aequator in den Umkreis der Grundfläche fällt.

Schickards Aſtroſkop (Aſtroſcopium. Vlm. 1659. 8.), das in Form einer Kramerdute (aromatarii cululli) zuſammengerollt werden ſollte, ſcheint ſchon dahin zu gehören. Herr Käſtner bemerkt auch, auf dem Titelkupfer von Edmund Gunters Werken (5te edit. Lond. 1673.) komme eine Kugel mit Sternen vor, über der ein hohler Kegel hänge.

Die erſten bekanntern Sternkegel ſind die von Joh. Jac. Zimmermann (Coniglobium nocturnale ſtelligerum. Hamb. 1692, deutſch: Beſchreibung der Coniglobiorum &c. Hamb. 1706. 8.), wovon Herr Prof. Klügel bey einem neuen Abdrucke eine ſehr verbeſſerte Ausgabe (Hamb. 1770.) beſorgt hat. Die Platten waren durch die Länge der Zeit

allzumatt geworden; sonst ist die zimmermannische Abbildung dem Auge so angenehm, daß sie in dieser Absicht zum Muster dienen kan.

Der Professor **Funk** in Leipzig (Anweisung zur Kenntniß der Gestirne vermittelst zweener Sternkegel. Leipzig, 1770.) lieferte ein paar größere, deren Halbmesser der Grundfläche $\frac{1}{2}$ der Höhe ausmacht, die aber die Lagen der Sterne nur obenhin vorstellen. Vollkommner, und eigentliche Projectionen, sind seine neuern Sternkegel (Anweisung zur Kenntniß der Gest. auf zwey Planiglobien und zween Sternkegeln, Leipz. 1777.)

Bey dem allen bleibt die Kegelfläche immer ein sehr unähnliches Bild einer Halbkugelfläche, besonders an der Spitze des Kegels, wo die Vorstellungen allemal verzerrt und undeutlich ausfallen. Die Zeichnung auf der äussern Fläche des Globus läst sich in der Einbildungskraft so leicht umwenden und auf die hohle Fläche übertragen, daß es darum wohl nicht der Mühe lohnt, Kegel statt Kugeln zu gebrauchen, und die Absicht des wohlfeilen Preißes wird durch ebne Sternkarten eben sogut, als durch solche Kegel, erreicht. Noch unbequemer ist der Gedanke, die Erdfläche auf Kegeln vorzustellen.

Kästner Anfangsgr. der Astr. 3te Aufl. §. 119. VIII. IX.

Sternkenntniß, s. **Astrognosie.**

Sternkunde, s. **Astronomie.**

Sternrohr, s. **Fernrohr.**

Sternschnuppen, das Sternschneuzen, Sternschiessen, Stella cadens s. transvolans, *Etoile tombante*, *Etoile, qui file.* Sehr oft sieht man Abends bey heiterm Himmel kleine leuchtende Körper, wie Flammen oder Sterne, bald schneller, bald langsamer durch die Atmosphäre schießen, welche wieder verschwinden oder auf die Erde zu fallen scheinen. Bisweilen ziehen sie einen leuchtenden Schweif nach sich, und scheinen überhaupt von den Feuerkugeln und fliegenden Drachen nur der Größe nach unterschieden zu seyn, s. **Feuerkugel.**

Digitized by Google

Im Frühling und Herbste ist dieses Meteor am häufigsten, und gewöhnlich nur Abends oder in der Nacht sichtbar, obgleich **Gassendi** (Physic. Sect. III. L. 2. cap. 7.) auch an einem hellen, stillen und warmen Vormittage ein Sternschneuzen beobachtet hat. Am öftersten zeigen sich die Sternschnuppen in heitern Abenden und in Nächten, die auf schwüle Tage folgen, nach **Musschenbroek** vornehmlich im August, wenn die gröste Hitze vorüber ist: aber **Kraft** (Praelect. phys. Vol. III. p. 320.) sahe auch zu Petersburg am 25 Nov. 1741 häufige Sternschnuppen bey strenger Kälte, wobey das fahrenheitische Thermometer auf Null stand.

Man giebt vor, die Substanz der auf die Erde niedergefallenen Sternschnuppen untersucht, und eine gallertartige gelbliche Materie mit schwarzen Flecken gefunden zu haben, die in Papier aufbewahrt, endlich vertrocknet, und hart geworden sey. Solche Beobachtungen von **Robert Fludd** u. a. werden beym **Gassendi** erzählt: man hat auch eine ähnliche von **Menzel** (Ephemerides Nat. Curios. Centur. II. Ann. 9. Obs. 72.). Daß Sternschnuppen wirklich auf die Erde herabfallen, versichert **Musschenbroek** mit eignen Augen gesehen zu haben. Inzwischen ist es so leicht nicht, den Ort genau zu bestimmen, und sich zu versichern, daß das gefundene in der That die Substanz der Sternschnuppen sey; wir würden sonst weit mehr und zuverläßigere Beobachtungen darüber haben.

Auch über ihre Höhe im Luftkreise läst sich nichts gewisses angeben. **Brydone** (Tour through Sicily Vol. I. Lettr. 10.) versichert, das Sternschießen sey ihm auf dem Bernhard in der Schweiz und auf dem Gipfel des Aetna noch immer eben so hoch erschienen, als sonst, wenn man es auf der flachen Erde betrachte. Dies scheint eine große Höhe, wie bey den Feuerkugeln, anzuzeigen.

Ohne Zweifel hat auch dieses Meteor mit den Feuerkugeln einen ähnlichen Ursprung, obgleich schwer anzugeben ist, welchen, s. **Feuerkugel**. **Paracelsus** gab die Sternschnuppen für Auswürfe der Gestirne aus; **Merret** und **Morton** hielten sie für leuchtende Excremente der Vögel;

Digitized by Google

Muſſchenbroek für ölichten Stof, der durch die Wärme des Tages aufgelöſet in die Höhe ſteige, durch die Kühle des Abends aber verdichtet werde, und entzündet durch ſeine Schwere herabfalle, ob man gleich hiebey nicht ſieht, woher die Entzündung kommen ſoll.

Beccaria (Lettere dell' elettricismo. 1758. 4.) erklärte zuerſt das Sternſchießen für eine blos elektriſche Erſcheinung. Er führt darüber eine artige Beobachtung an. Als er einſt eine Stunde nach Sonnenuntergang mit einem Freunde unter freyem Himmel ſaß, kam eine Sternſchnuppe gerade auf ſie beyde zu, und verſchwand nicht weit von ihnen ſo, daß auf ihren Geſichtern, Händen und Kleidern, auch auf der Erde und allen nahen Gegenſtänden eine ſchwache Erleuchtung oder ein Schein zurückblieb, ohne doch das mindeſte Geräuſch zu machen. Indem ſie hierüber erſtaunten, kam ein Bedienter aus einem benachbarten Garten, und fragte ob ſie nichts geſehen hätten; ihm ſey ein plötzliches Licht erſchienen, beſonders an dem Waſſer, womit er den Garten begoſſen habe. Dieſe Erſcheinungen ſchienen nun offenbar elektriſch, und Beccaria ſetzt noch hinzu, daß er oft auf ſeinen papiernen Drachen in der Luft eine Menge elektriſcher Materie habe zufahren ſehen, welche dem Sternſchießen ſehr ähnlich geweſen ſey; auch ſey der Drache bisweilen mit einer Art von Glorie umgeben worden, von der einiges Licht an dem Orte, den der Drache verlaſſen, zurückgeblieben ſey. Reimarus (Vom Blitze. §. 100. 168.) bemerkt aber gegen dieſe Erklärung ſehr richtig, daß ſich das Sternſchießen in ſeiner Entſtehung, Bewegung und Wirkung gar ſehr vom Blitze und allen elektriſchen Erſcheinungen unterſcheide. Es entſtehe bey heiterer windſtiller Luft, viel höher als die Wolken: es zeige ſich dabey offenbar eine in Brand geſetzte Materie, welche unterwegs Funken ausſprühe; der Lauf weiche auch ſehr von der Bahn eines Wetterſtrals ab, und ſuche nicht die auf der Erde hervorragenden Körper zu treffen. Er geſteht indeß auch, daß er keinen andern recht wahrſcheinlichen Grund dieſes Meteors anzugeben wiſſe.

Digitized by Google

Die meisten Naturforscher erklären die Sternschnuppen für Wirkungen öhlichter oder fetter Dünste im Luftkreise, die sich entweder wirklich entzünden, oder nur blos leuchten. Nach **Volta** (Briefe über die Sumpfluft a. d. ital. Winterthur, 1778. 8.) hat die brennbare Luft, welche ihrer Leichtigkeit halber in die grösten Höhen aufsteigt, und mit atmosphärischer Luft vermischt, einer Entzündung fähig ist, großen Antheil an diesen Erscheinungen. Auch Herr Gren (Grundriß der Naturl. §. 1006.) erklärt die Sternschuppen für Entzündungen brennbarer Luftarten in den höhern Gegenden der Atmosphäre. Es hat nur dabey einige Schwierigkeit, die Ursache der Entzündung anzugeben, wozu man doch elektrische Funken oder kleine Blitze annehmen müste. Sollten nicht etwa phosphorescirende Gasarten, die nur leuchten, nicht brennen, schon zur Erklärung hinreichend seyn? s. Irrlichter (Th. II. S. 695.)

v. Muſschenbroek Introd. ad philoſ. nat. To. II. §. 2505. Prieſtley Geschichte der Elektricität, durch Krünitz, S. 235.

Sternstunden, s. Sternzeit.

Sterntag, s. Sternzeit.

Sternzeit, Zeit der ersten Bewegung, Tempus primi mobilis, *Temps méſuré par la revolution des etoiles.* Die durch den täglichen Umlauf der Fixsterne, oder durch die tägliche Umdrehung der Erde, abgemessene Zeitdauer, mit ihren Eintheilungen.

Wenn man vermittelst eines Uhrwerks, das eine gleichförmige Bewegung hat, die Zeit zwischen zween Culminationen eines Fixsterns mißt, so findet man sie allemal eben so groß, als die Zeit zwischen jedem Paare anderer Culminationen eben des Sterns, oder auch jedes andern Fixsterns. Dies ist nemlich der Zeitraum, in welchem die Erde ihre Umdrehung um die Axe gerade einmal vollendet hat. Daß diese Umdrehungszeit der Theorie nach immer gleich bleiben müsse, was auch für Kräfte auf die Bewegung der Erde wirken mögen, zeigt eine Preißschrift von **Paul Frisi** (Diſſ. ſur le mouvement diurne de la terre.

Digitized by Google

Berlin, 1756.). Die Beobachtungen selbst haben auch bisher noch keine Ungleichheit oder Veränderung in derselben zu erkennen gegeben. Diesen immer gleichen und von Natur unveränderlichen Zeitraum nennt man nun den **Sterntag** (dies primi mobilis s. fixarum), und theilt ihn in 24 **Sternstunden**, diese in 60 Minuten, die Minute in 60 Secunden **Sternzeit** ein.

Da die Umdrehung der Erde mit gleichförmiger Geschwindigkeit geschieht, und in 24 Sternstunden alle 360 Grade des Aequators durch den Meridian (und jeden andern Stundenkreis) gehen, so folgt, daß in jeder Stunde 15 Grad, in jeder Minute 15′, in jeder Secunde 15″ des Aequators (und jedes Tagkreises) durchgehen: ingleichen, daß jeder Grad, um sich durchzuschieben, 4 Minuten, jede Minute des Bogens 4 Secunden u. s. w. Zeit braucht, worauf sich die Verwandlung der Bogen des Aequators in Sternzeit, und dieser in Bogen des Aequators gründet, s. **Aequator.**

Uhren, welche Sternzeit zeigen sollen, müssen also zwischen jeden zwoen auf einanderfolgenden Culminationen eines Fixsterns genau 24 Stunden angeben.

Im gemeinen Leben, wo man sich nach der Sonne richten muß, ist die Sternzeit nicht brauchbar. Wie die Sonnenzeit von ihr unterschieden sey, s. beym Worte **Sonnenzeit.** Die wahre Sonnenzeit ist jeden Tag eine andere; was die mittlere betrift, so beträgt

der mittl. ☉ tag . . 24 St. 3 Min. 56, 3 Sec. Sternzeit
der Sterntag . . . . 23 56 4 mittl. ☉zeit

Wenn man das Vorrücken der Nachtgleichen in Betrachtung zieht, so läst sich noch ein feiner Unterschied zwischen Sternzeit und Zeit der ersten Bewegung machen. Die letztere ist alsdann diejenige, die nach den Culminationen der Aequinoctialpunkte, oder überhaupt der Punkte der Ekliptik, abgemessen wird. Da aber die Nachtgleichen jährlich nur 50″ fortrücken (welcher Bogen, um sich durch den Meridian zu schieben, 200 Tertien Zeit braucht), so ist dieser Tag der ersten Bewegung nur um $\frac{1}{86400}$ oder et-

Digitized by Google

wa $\frac{1}{5}$ einer Tertie kürzer, als der Sterntag; also sind beyde für uns nicht zu unterscheiden.

Käſtner Anfangsgründe der Aſtron. 3te Aufl. §. 80. 125. XI. u. f.

Stetigkeit, Continuitas, *Continuité*. Eine Größe heißt ſtetig, wenn alle ihre Theile ohne Unterbrechung an einanderliegen, d. i. wenn ſich zwiſchen dem Ende des einen und dem Anfange des nächſten andern Theils nichts befindet, was nicht mit zur Größe ſelbſt gehörte. Solche ſtetige Größen (continua) ſind die Ausdehnungen, welche die Geometrie betrachtet, die körperlichen Räume, Flächen und Linien, ſ. **Ausdehnung**. Dieſe Eigenſchaft macht die **Stetigkeit** bey nebeneinander liegenden Theilen, bey coexiſtirenden Dingen (ſimultaneis), aus.

Man kan ſich aber auch bey aufeinanderfolgenden Zuſtänden oder Veränderungen der Dinge (ſucceſſivis) **Stetigkeit** gedenken, wenn die Veränderung ſo erfolgt, daß in der Reihe nacheinander folgender Zuſtände keiner von dem nächſten durch beſtimmte Grenzen abgeſondert iſt; oder wenn die Veränderung nicht **ſprungweiſe** (per ſaltum) durch merklich unterſchiedene Stufen geſchieht, ſondern **allmählig** (ſenſim) von jedem Zuſtande zum andern durch alle mögliche dazwiſchenfallende Zuſtände übergeht, welche ſich als unendlich viele, aber unendlich wenig unterſchiedene, Stufen betrachten laſſen.

Daß nun alle Veränderungen in der Natur wirklich ſo allmählig erfolgen, hat man von alten Zeiten her angenommen, und durch den Grundſatz: Natura non facit ſaltum, ausgedrückt. In neuern Zeiten iſt dieſer Satz das **Geſetz der Stetigkeit** (lex continui ſ. continuitatis) genannt, und von den meiſten als ein in aller Strenge ausgemachtes Naturgeſetz betrachtet worden.

Man hat demzufolge allgemein behauptet, daß keine Veränderung von beſtimmter Größe in der Natur **plötzlich** geſchehen könne, ſondern allemal durch unendlich kleine Stufen gehen müſſe. Man hat ſich verſtattet, alles zu verwerfen, was mit dieſem Geſetze im Widerſpruche ſteht.

Digitized by Google

Da sich z. B. beym Stoße vollkommen harter Körper die Geschwindigkeit im Augenblicke des Stoßes plötzlich ändern muß (s. Stoß der Körper), so ist dieses für einige Mathematiker, z. B. Johann Bernoulli und Euler, hinreichend gewesen, die Möglichkeit aller vollkommen harten Körper an sich zu läugnen. Daß es unter den bekannten zusammengesetzten Körpern keine vollkommen harten giebt, lehrt auch die Erfahrung; inzwischen müssen doch die Atomen, oder ersten Theile der Materie, wenn es dergleichen giebt, vollkommen hart gedacht werden, s. Hart. Sind also vollkommen harte Körper an sich unmöglich, so kan es auch keine Atomen geben, und die Materie muß ins Unendliche theilbar seyn. So hat Euler geschloßen, und wenn das Gesetz der Stetigkeit in völliger Schärfe und Allgemeinheit erwiesen wäre, so müste man entweder diesen ganzen Schluß zugeben, oder mit Boscowich (De viribus vivis in Comm. Bononiens. To. II. Part. II.) annehmen, der Stoß der Körper geschehe gar nicht durch Berührung und Undurchdringlichkeit, sondern durch anziehende und repellirende Kräfte, welche die Geschwindigkeiten der Körper während ihrer Annäherung allmählig änderten, etwa wie bey der Brechung des Lichts die Richtung der Stralen nicht plötzlich in der brechenden Fläche selbst, sondern durch die Anziehung der Mittel allmählig geändert wird.

Aber ist denn wohl das Gesetz der Stetigkeit in solcher Strenge und Allgemeinheit als wahr erwiesen? Was die Stetigkeit im Gleichzeitigen (in simultaneis) betrift, so ist ganz unläugbar, daß die Materie den geometrischen Raum nur auszufüllen scheint, keinesweges aber wirklich mit Stetigkeit erfüllt. Eben dadurch wird die Möglichkeit von Atomen begreiflich s. Ausdehnung (Th. I. S. 202. 203.). Die Stetigkeit im Successiven könnte wohl auch nur Schein seyn, und in diesem Falle würde Eulers ganzes Argument wider die Atomen wegfallen; denn man würde das Gesetz der Stetigkeit nur da anwenden dürfen, wo die Erfahrung zeigt, daß es mit den Phänomenen übereinstimmt. Und so verhält sich die Sache in der That; denn am Ende ist ja alles, was uns die Sinne von der Körper-

Digitized by Google

welt lehren können, nur sinnlicher Schein, s. Phänomene.

In unzählbaren Fällen sehen wir freylich die Veränderungen, die die Natur hervorbringt, allmählig und ohne plötzliche Sprünge erfolgen. Der bewegte Körper wird nicht plötzlich aus A nach B versetzt, sondern muß eine ganze zusammenhängende Reihe von Stellen durchlaufen, welche zwischen A und B liegen; der fallende Körper erhält seine letzte Geschwindigkeit nicht auf einmal, sondern muß vorher durch alle mögliche geringere Grade der Geschwindigkeit durchgehen; der von Centralkräften getriebene Körper bricht seinen Weg nicht eckigt ab, sondern ändert seine Richtung mit stetiger Krümmung; das Thermometer springt nicht vom Eispunkte zum Siedpunkte, ohne alle dazwischen fallende Grade zu durchlaufen, u. s. w. Dies geht so weit, daß nach Herrn Kästners Bemerkung selbst der Dichter der Verwandlungen die Wahrscheinlichkeit beleidigen würde, wenn er seine Daphne und Niobe nicht allmählig in Bäume oder Felsen übergehend (arborescentem et lapidescentem) schilderte, und daß plötzliche Umschaffungen von Menschen in Thiere oder Steine nur für die Zauberer der Feenmährchen und chinesischen Schatten schicklich sind.

Wo nun in einer Reihe nach einander folgender Zustände kein Sprung durch bestimmte Stufen wahrgenommen wird, da ist es nicht allein verstattet, sondern sogar nothwendig, das Gesetz der Stetigkeit anzunehmen, und die Berechnungen und Schlüsse dem gemäß einzurichten, z. B. bey der Beschleunigung des Falles durch die Schwere, bey Bestimmung des Weges geworfener oder durch Centralkräfte getriebener Körper u. dergl. Hierauf beruhen alle Anwendungen der Infinitesimalrechnung auf diese Fälle, deren Resultate so schön mit der Erfahrung übereinstimmen, s. Bewegung (Th. I. S. 333, 334.), Schwere (Th. III. S. 901.). Wollte man nemlich die Schwere stoßweise mit dazwischen fallenden Pausen wirken lassen, so würde alle Möglichkeit der Berechnung aufhören, weil niemand sagen könnte, wie stark die Stöße sind, und wie lang die Pausen dauren. Inzwischen wird ein vorsichtiger

Digitized by Google

Naturforscher selbst in diesen Fällen nicht vergessen, daß die angenommene Stetigkeit, wie alles, was die Sinne zeigen, nur Phänomen ist. Er wird also nicht läugnen, daß in der Wirklichkeit die Schwere gar wohl durch Stöße bewirkt werden könnte u. s. w.

Wo nun vollends aus der Natur der Sache erhellet, daß dem jetzigen Zustande nicht jeder andere nach Gefallen nachfolgen könne, sondern daß sogleich ein gewisser bestimmter folgen müsse, der sich von jenem auf eine Art, die sich angeben läst, unterscheidet, da hat man ja gar keine Veranlassung mehr, das Gesetz der Stetigkeit anzunehmen. Und blos um dieses Gesetzes willen, das doch nur aus Erscheinungen abstrahirt ist, und in der wirklichen Welt vielleicht gar nicht statt hat, kan man doch nicht alle dergleichen Fälle für unmöglich erklären. Beym Stoße harter Körper lehrt die Natur der Sache, daß Nichts übrig bleibt, wenn im Augenblicke der Berührung gleiche entgegengesetzte Bewegungen einander aufheben. Die Ruhe, die nun erfolgt, ist eine nothwendige Folge davon, daß von einer Bewegung Nichts zurück bleibt, wenn so viel von ihr weggenommen wird, als ihr gleich ist. Hier ist klar, daß kein anderer, als der bestimmte Zustand der Ruhe, folgen kan. Wie aber Ruhe plötzlich auf Bewegung folgen könne, ist um nichts unbegreiflicher, als wie geringere Geschwindigkeit auf größere folgt. Eine unendliche Reihe mittlerer Zustände kan an sich keine Verwandlung begreiflicher machen, als sie ohnehin schon ist, wenn sich eine zureichende Ursache derselben findet; denn unendlich kleine Stufen bleiben doch immer auch Stufen, wie Herr von Maupertuis (Mém. de Berlin 1746. p. 284.) richtig erinnert.

Das Gesetz der Stetigkeit gehört also zu den Kleidern der Dinge, an die wir uns wohl da halten können und müssen, wo uns die Wirklichkeit undurchdringlich damit umhüllt erscheint; die wir aber nicht für Wirklichkeit selbst halten, und noch weniger solchen Dingen umhängen dürfen, an denen wir sie nicht sehen.

Digitized by Google

Kaeſtner Diſſ. de lege continui in natura. Lipſ. 1750. 4. Ebend. Anfangsgr. der höhern Mechanik. 3ter Abſchnitt. §. 183 u. f.

Stillſtände der Planeten, Stationes planetarum, *Stations des planetes*. Wenn ein Planet aus dem rechtläufigen Gange in den rückläufigen, oder aus dieſem wieder in jenen übergeht, ſo giebt es allemal eine kleine Zwiſchenzeit, während welcher er gar nicht merklich im Thierkreiſe fortzurücken, oder ſeine geocentriſche Länge nicht merklich zu ändern ſcheint. Man nennt ihn alsdann ſtillſtehend (ſtationarius, *ſtationnaire*.). Seine Breite kan ſich während des Stillſtands, wenn er dem Knoten nahe iſt, merklich ändern. Der Grund dieſer Stillſtände liegt in der Bewegung der Erde, welche ſich alsdann mit der Bewegung des Planeten ſelbſt ſo combinirt, daß die Geſichtslinien aus der Erde in den Planeten eine Zeit hindurch eine parallele Lage behalten.

Stof, ſ. **Materie**.

Stoß der Körper, Conflictus ſ. Colliſio corporum, Percuſſio, Impactus, Impulſus, *Choc des corps*, *Colliſion*, *Percuſſion*. Wenn ein Körper ſeine Bewegung nicht fortſetzen kan, ohne einen andern vor ſich aus der Stelle zu treiben, ſo ſagt man, er ſtoße den letztern (percutere corpus, impingere in corpus, *choquer*, *heurter*). Dadurch wird der Zuſtand beyder, in Abſicht auf Ruhe und Bewegung, geändert. Es ſcheint gleichſam ein Theil der Bewegung des einen in den andern überzugehen; man nennt daher, was hier vorgeht, auch **Mittheilung der Bewegung** (Communicatio motus, *Communication du mouvement*).

Geht die Linie, nach der ſich des ſtoßenden Körpers Schwerpunkt bewegt, auch durch des andern Körpers Schwerpunkt, ſo heißt der Stoß central, ſonſt eccentriſch. Steht die erwähnte Linie auf der Ebne, in der ſich beyde Körper berühren, ſenkrecht, ſo heißt der Stoß gerade (directus); ſonſt ſchief (obliquus). Es kömmt zwar hiebey nicht auf die Schwere, ſondern auf die träge

Digitized by Google

Masse der Körper, an; daher der genannte **Punkt schicklicher Mittelpunkt der Masse** oder (nach **Königs Vorschlage**, De centro inertiae in Act. Erud. Lipſ. Jan. 1738. p. 35.) **der Trägheit** heiſſen könnte. Er iſt aber einerley mit dem Schwerpunkte der Körper, ſ. **Mittelpunkt der Masse** (Th. III. S. 254).

Um alles zu entfernen, was die Unterſuchung des Stoßes erſchweren könnte, nehmen wir Körper an, die durchaus von einerley Materie ſind, und regelmäßige Geſtalten haben, wo ſich alſo der Schwerpunkt leicht finden läſt, z. B. Kugeln, Würfel. Wir ſetzen auch, daß ſich alle Punkte dieſer Körper nach parallelen Richtungen (ohne Umdrehung um eine Axe) bewegen. Unter dieſen Vorausſetzungen ſollen nun zuerſt die Geſetze des geraden Stoßes unelaſtiſcher und elaſtiſcher Körper, nebſt einer kurzen Geſchichte ihrer Erfindung, vorgetragen werden. Dann wird ſich auch vom ſchiefen Stoße und andern hiemit verwandten Lehren etwas hinzufügen laſſen.

Geſetze des Stoßes unelaſtiſcher Körper.

Wenn die vollkommen harten Maſſen M und m mit den Geſchwindigkeiten C und c **gerade gegen einander** ſtoßen, und ſich die Geſchwindigkeiten verkehrt, wie die Maſſen, verhalten, daß MC = mc iſt; ſo hat eine ſo viel Größe der Bewegung, als die andere, ſ. **Bewegung** (Th. I. S. 328.), und beyde Bewegungen ſind einander entgegengeſetzt. Wegen der Undurchdringlichkeit der Maſſen und ihrer Härte, die ihre Geſtalt nicht ändern läſt, kan keine von beyden Bewegungen fortgeſetzt werden, ohne die andere aufzuheben. Daher werden beyde, als entgegengeſetzte, ſonſt gleiche, Größen einander aufheben. Dies muß im Augenblicke der Berührung **plötzlich** geſchehen; denn vor dieſem Augenblicke hindert noch keine Bewegung die andere, in demſelben hindern ſich **auf einmal** beyde zugleich.

Sind die Geſchwindigkeiten C, c, in einem andern Verhältniße, und daher nicht MC = mc; ſo wird die klei-

Digitized by Google

nere Bewegung (welches mc seyn mag) aus der größern nur soviel, als sie selbst beträgt, aufheben. Also behält M von seiner vorigen Bewegung MC noch den Ueberrest MC — mc, mit dem sie in ihrer Richtung fortgehen will. In dieser Richtung aber liegt jetzt die Masse m vor ihr: denn beym Stoße waren beyde an einander, und nichts ist vorhanden, das sie getrennt hätte. Diese Masse m ist zwar nun bewegungslos, aber immer noch träg, und kan daher von M nicht ohne Anwendung einiger Gewalt vor sich fortgeschoben werden. Weil diese Gewalt auf das Fortschieben des m verwendet wird, so kan sie nicht mehr auf die Bewegung von M selbst wirken; daher kan M nicht mehr so schnell fortgehen, als wenn m nicht da, oder nach dem Stoße plötzlich vernichtet wäre. Mithin muß M eine andere Geschwindigkeit = x erhalten, mit welcher nun beyde Massen M + m zusammen fortgehen. Man kan sich also vorstellen, die noch vorhandne Bewegung MC — mc sey die Größe der Bewegung einer Masse M + m mit der Geschwindigkeit x. Hieraus folgt MC — mc = (M + m)x, oder

$$x = \frac{MC - mc}{M + m}$$

d. i. Nach dem Stoße gehen beyde Massen zusammen nach der Richtung fort, nach welcher zuvor die gieng, welche die gröste Bewegung hatte, und ihre Geschwindigkeit ist $= \frac{MC - mc}{M + m}$.

Diese Formel giebt x = o, wenn MC = mc, dem vorigen gemäß. War m vor dem Stoße in Ruhe, oder c = o, so folgt die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße $= \frac{MC}{M + m}$. Ist die Masse M unendlich groß, daß m gegen M verschwindet, so ist die Geschwindigkeit nach dem Stoße $= C - \frac{mc}{M}$, d. h. die Geschwindigkeit einer unendlich großen Masse wird durch den Stoß unend-

Digitized by Google

lich wenig vermindert, und wenn C = o, oder die große Masse ruht, so wird eine Geschwindigkeit — $\frac{mc}{M}$, d. i. eine unendlich kleine nach der Richtung des stoßenden Körpers erzeugt. Eine Erläuterung hiezu ist, wenn man mit einem Hammer an einen großen Felsen schlägt, oder wenn ein schwerer Körper auf den Erdboden fällt, von welchem Falle schon Descartes (Epist. To. II. ep. 94.) sagt: „Je „crois, que lorsqu' un homme se promene, il fait tant „soit peu mouvoir toute la terre." Nemlich jeder Stoß bewegt jede Masse, nur zuweilen mit sehr kleiner, oder gar verschwindender Geschwindigkeit. Sind die Massen gleich, so wird die Geschwindigkeit nach dem Stoße $\frac{1}{2}$(C — c).

2. Wenn die Massen M und m sich nicht nach entgegengesetzten, sondern nach einerley Richtung, bewegen, aber die nachfolgende (welches M seyn mag) mehr Geschwindigkeit hat, und die vorgehende m einholt, so wird M vom Augenblicke der Berührung an sich bestreben, das langsamere m schneller fortzuschieben. Dadurch aber wird es etwas von seiner eignen Bewegung verlieren, m hingegen wird eben so viel gewinnen, bis nun beyde Massen M + m mit einerley Geschwindigkeit x fortgehen. Alsdann ist die Größe der Bewegung (M + m) x, welches = MC + mc seyn muß, weil von den Bewegungen MC und mc nichts verlohren gegangen ist. Folglich ist

$$x = \frac{MC + mc}{M + m}$$

oder: **Nach dem Stoße gehen beyde Massen zusammen nach der vorigen Richtung mit der Geschwindigkeit** $\frac{MC + mc}{M + m}$.

Diese Formel läßt sich als die allgemeine ansehen, wenn man Geschwindigkeiten nach entgegengesetzten Richtungen algebraisch als entgegengesetzte Größen betrachtet. Für den Fall in Num. 1. muß man alsdann c ne-

Digitized by Google

gativ setzen, so verwandlet sich die Formel in die dort gefundene.

Sind bey Körpern, die nach einerley Richtung gehen, die Massen gleich, so ist die Geschwindigkeit nach dem Stoße $= \frac{1}{2}(C + c)$. Sind die Geschwindigkeiten gleich, so holen sich bey Num. 2 die Massen nicht ein, und es erfolgt gar kein Steß; bey Num. 1 ist die Geschwindigkeit nach dem Stoße alsdann $= \frac{M - m}{M + m}$. C.

3. Die Veränderungen der Geschwindigkeit, welche beyde Massen erleiden, indem sich C und c beyde in x verwandlen, sind $C - x$ und $x - c$, wo man, wenn für x sein Werth aus der allgemeinen Formel gesetzt wird,

$$C - x = m \cdot \frac{C - c}{M + m}$$

$$x - c = M \cdot \frac{C - c}{M + m}$$

findet. Beyde verhalten sich also verkehrt, wie die Massen. Bey entgegengesetzten Bewegungen hat man blos $C + c$ statt $C - c$ zu setzen.

Aus diesem Satze folgt auch $m(x - c) = M(C - x)$

4. Die Veränderungen der Bewegung beyder Massen finden sich, wenn man die Veränderungen der Geschwindigkeiten durch die Massen M und m multiplicirt. Dadurch erhält man für beyde

$$\frac{Mm}{M + m} \cdot (C - c),$$

wo beym Begegnen ebenfalls $C + c$ statt $C - c$ zu setzen ist. Also leiden beyde Massen gleiche Veränderungen ihrer Bewegung; die weniger bewegte gewinnt eben das, was die mehr bewegte verliert. Dies rechtfertigt den Gebrauch des Wortes Mittheilung, s. Mittheilung (Th. III. S. 261).

Betrachtet man Bewegungen nach entgegengesetzten Richtungen algebraisch als Größen, die einander vermindern, so ist der Satz wahr, daß der Stoß harter

Körper in der Größe der Bewegungen nichts ändert. Sieht man aber arithmetisch alle Bewegung, nach welcher Richtung sie auch gehe, für reel oder positiv an, so gilt der Satz nur dann, wenn sich die Körper folgen; für Körper, die sich begegnen, ist alsdann die Bewegung nach dem Stoße, dem arithmetischen Unterschiede der Bewegungen vor dem Stoße gleich.

5. Sind die beyden Körper nicht hart, sondern weich, so wird das in der Wirkung beym Stoße weiter keine Aenderung machen, als daß dabey zugleich die Gestalt der Körper geändert wird, und daß die Veränderung der Bewegung nicht plötzlich, sondern nach und nach (auch nicht unmittelbar durch Undurchdringlichkeit und Härte, sondern mittelbar durch Aenderung der Gestalt) geschieht. Die Theile, die zuerst in Berührung kommen, werden einander ausweichen, und jeder Körper wird in den andern Eindrücke machen, so daß sich jedes Bewegung allmählig ändern kan. Eben das wird geschehen, wenn auch nur ein Körper weich, der andere hart ist, wobey die Aenderung der Gestalt nur den weichen betrift. Daher gelten die angeführten Gesetze für alle unelastische Körper, harte und weiche, überhaupt.

Völlig unelastische Körper giebt es nicht in der Natur, wohl aber Materien von sehr schwacher Elasticität, z. B. Bley, ungebrannten Thon u. dergl. Man pflegt daher die angeführten Gesetze durch Versuche mit Bley- oder Thonkugeln zu bestätigen, s. Percussionsmaschine.

Gesetze des Stoßes elastischer Körper.

Sind die Massen M und m elastisch, so werden sie anfangs eben die Veränderungen beym Stoße leiden, wie die weichen. So bald aber der Stoß vollendet ist, wird die Federkraft ihre Gestalt wiederherstellen, und dadurch eine neue Veränderung in ihren Bewegungen verursachen. Bey Voraussetzung vollkommner Elasticität wird die vorige Gestalt völlig hergestellt, wobey die Zurückwirkung von m auf M eben so groß seyn muß, als vorher die Wir-

Digitized by Google

kung von M auf m war, nemlich = m (x — c), aber nach der entgegengesetzten Richtung gekehrt, oder mit dem Zeichen — begleitet. Hingegen wird die Zurückwirkung des elastischen M auf m so groß seyn, als vorher die Wirkung von m auf M war, oder = M (C — x), aber sie wird nach der entgegengesetzten Richtung gehen, und also (weil in der allgemeinen Formel die Wirkung der eingeholten Masse m auf die einholende M der positiven Geschwindigkeit beyder entgegengekehrt, oder negativ war) jetzt das Zeichen + erhalten müssen. Verbindet man diese Zurückwirkungen mit den vorigen Größen der Bewegung, so findet man die Bewegungen der elastischen Körper nach dem Stoße.

Zwar streiten die Wirkung des einen Körpers und die Federkraft des andern während der ganzen Zeit des Stoßes beständig gegeneinander; man kan aber die Veränderungen in der Reihe, wie sie wirklich aufeinander folgen, nicht deutlich übersehen. Man stellt sich also den Stoß, wie er bey vollkommen harten Körpern seyn würde, als vollendet vor, und betrachtet nachgehends, was die Federkraft in seinen Folgen ändert — wie man etwa die ganze Ausgabe eines Jahrs am Ende desselben von der ganzen Einnahme auf einmal abzieht, und doch den Bestand richtig findet. Daraus fließen nun folgende Gesetze.

1.) Wären beyde Massen hart, so wären die Bewegungen nach dem Stoße für M = Mx, für m = mx. Durch das gegenseitige Zurückwirken der Federkraft entsteht in M die Veränderung — m (x — c), in m die +M(C—x). Es ist aber m(x—c) = M(C—x), nach den Gesetzen des Stoßes harter Körper bey Num. 3. Daher sind die **Größen der Bewegung nach dem Stoße**

für M . . Mx — M (C — x) = M (2x — C)
für m . . mx + m (x — c) = m (2x — c)

2.) Man nenne die **Geschwindigkeiten nach dem Stoße** V und v, daß also die Größen der Bewegungen nach demselben MV und mv werden.

Nun ist nach Num. 1. MV = M (2x — C) und mv = m (2x — c). **Also sind die Geschwindigkeiten nach dem Stoße**

Digitized by Google

$$V = 2x - C \text{ und } v = 2x - c.$$

Man kan noch für x seinen Werth $\frac{MC + mc}{M + m}$ seßen, und so die Formeln

$$V = \frac{(M - m)C + 2mc}{M + m} \text{ und } v = \frac{(m - M)c + 2MC}{M + m}$$

erhalten.

3.) Es iſt nöthig, dieſe in der gröſten Allgemeinheit abgefaßten Ausdrücke durch Anwendung auf beſondere Fälle zu erläutern.

a.) Beyde Körper gehen nach einerley Richtung ſo, daß m der vorangehende, M der nachfolgende iſt. Hier ſind c und x beyde poſitiv, und c muß, wenn ein Stoß erfolgen oder m von M eingeholt werden ſoll, kleiner als C ſeyn. Was die Maſſen betrift, ſo kan es drey Fälle geben. Nemlich M iſt entweder $> m$, oder $= m$, oder $< m$.

Für den erſten Fall, wo die nachfolgende Maſſe M die gröſte iſt, wird, wie man leicht überſieht, 2x größer, als C, mithin um ſo mehr größer, als c. Daher ſind V und v auch beyde poſitiv, und $v > V$. Beyde Maſſen behalten ihre vorige Richtung, aber die kleinere (vorher langſamere) geht nun ſchneller voraus.

Für den zweyten Fall, wo die Maſſen gleich ſind, wird $2x = C + c$, alſo $V = c$ und $v = C$. Beyde Maſſen bleiben in der vorigen Richtung, aber ſie verwechſeln ihre Geſchwindigkeiten.

Für den dritten, wo $M < m$, bleibt zwar 2x immer größer, als die kleinere Geſchwindigkeit c, alſo bleibt v immer poſitiv, und der größere vorangehende Körper behält ſeine vorige Richtung. Was aber V betrift, ſo iſt es nur dann poſitiv, wenn $2x > C$, oder $2mc > (m - M)C$ iſt. Iſt $2x = C$, ſo bleibt der nachfolgende Körper nach dem Stoße in Ruhe, und der vorangehende erhält die Geſchwindigkeit $C - c$. Iſt endlich $2x < C$, ſo wird V negativ, und der nachfolgende kleinere Körper wird reflectirt, oder ſpringt nach dem Stoße zurück,

Digitized by Google

aber mit der Geſchwindigkeit C — 2x, oder allemal langſamer, als er vor dem Stoße gieng.

b.) Die Körper begegnen ſich nach entgegengeſetzten Richtungen, wo c als negativ angeſehen wird. Legt man hier M und C allemal demjenigen Körper bey, der die gröſte Bewegung hat, ſo bleibt immer MC > mc, und man hat den Vortheil, daß x immer poſitiv iſt. Daher wird auch v oder 2x — c immer poſitiv, weil c ſelbſt etwas Negatives iſt. Der Körper alſo, der die ſchwächere Bewegung hat, bekömmt nach dem Stoße eine poſitive Geſchwindigkeit = 2x + c, da er vor demſelben eine negative = — c hatte. Oder: Der ſchwächer bewegte Körper ſpringt allemal zurück, und zwar ſchneller, als er anſtieß.

Was den ſtärker bewegten betrift, ſo iſt ſeine Maſſe M entweder < m, oder = m, oder > m. Für den erſten Fall iſt leicht zu überſehen, daß die Geſchwindigkeit C ſehr groß ſeyn muß, weil ſie mit einer kleinern Maſſe M dennoch die größere Bewegung MC hervorbringt. Sie iſt in dieſem Falle allezeit größer als 2x und als c; daher wird 2x — C oder V negativ, und ſein arithmetriſcher Werth (C — 2x) kleiner, als C, d. i. die ſtärker bewegte kleinere Maſſe ſpringt auch zurück, aber langſamer, als ſie anſtieß.

Für den zweyten Fall, wo die Maſſen gleich ſind, wird 2x = C — c, alſo V = — c, und v = C. Beyde Maſſen ſpringen mit verwechſelten Geſchwindigkeiten zurück.

Für den dritten, wo M > m, wird V nur dann negativ, oder die ſtärker bewegte Maſſe ſpringt nur dann zurück, wenn 2x < C oder (M — m) C < 2 mc iſt. Wird 2x = C, ſo bleibt der ſtärker bewegte Körper nach dem Stoße in Ruhe, und der andere ſpringt mit der Geſchwindigkeit C + c zurück. Iſt endlich 2x > C, ſo wird V poſitiv, und die Maſſe M behält ihre vorige Richtung.

Dieſe Anwendungen geben ein ſchönes Beyſpiel, wieviel verſchiedene Fälle eine einzige allgemeine Formel um-

Digitized by Google

faſſen könne, die ſich bey richtigem Gebrauche der Zeichen alle wieder aus ihr entwickeln laſſen. Weil indeſſen Ungeübte in der Auslegung der algebraiſchen Zeichen leicht irren können, ſo möchte ich doch rathen, für b.) d. i. für den Stoß beym Begegnen folgende Formeln zu gebrauchen, wo in den Werthen von v und x, ſtatt c, ſchon das — c ſubſtituirt iſt

$$V = 2x - C \text{ und } v = 2x + c$$

$$V = \frac{(M-m)\,C - 2mc}{M+m} \text{ und } v = \frac{(M-m)\,c + 2MC}{M+m}$$

Dieſe Formeln hat Käſtner (höhere Mech. 134. V. VII.). In ihnen ſind allemal die arithmetiſchen poſitiven Werthe von C und c zu ſetzen.

4.) Sind bey Körpern, die ſich begegnen, die Bewegungen vor dem Stoße gleich, oder iſt MC = — mc, ſo wird x = o, alſo V = — C, v = + c, oder jeder Körper ſpringt mit ſeiner vorigen Geſchwindigkeit zurück. Ohne Federkraft hätte er ſeine ganze Bewegung verlohren; durch die Federkraft bekömmt er ſie alſo ganz, nur rückwärts, wieder.

5.) Iſt c = o, ſo wird $V = \frac{(M-m)C}{M+m}$ und $v = \frac{2MC}{M+m}$.

Sind dabey auch die Maſſen gleich, ſo iſt V = o und v = C. Stößt alſo eine claſtiſche Maſſe an eine ihr gleiche ruhende, ſo bleibt ſie ſtehen, und die andere geht mit jener Geſchwindigkeit fort. Dies iſt der Fall, wenn eine Billardkugel von einer andern mit einem vollen geraden Stoße getroffen wird.

6.) In den allgemeinen Formeln Num. 2 iſt

$$v - V = C - c.$$

oder der Unterſchied der Geſchwindigkeiten iſt vor und nach dem Stoße gleich (wenn man nemlich algebraiſch eine Geſchwindigkeit nach entgegengeſetzter Richtung als eine vermindernde betrachtet). Sieht man aber alle Geſchwindigkeiten als gleichartig an, ſo gilt der Satz arithmetiſch nur, wenn beyde Körper vor und nach dem Stoße nach einerley Gegend gehen.

Digitized by Google

Gehen beyde vor und nach dem Stoße nach verschiedenen Gegenden, so sind v und c den V und C entgegengesetzt, und man hat $V + v = C + c$, oder die **Summe ist vor und nach dem Stoße gleich.**

Gehen die Körper vor dem Stoße nach verschiedenen, nach dem Stoße nach einerley Seite, so ist nur c dem C entgegengesetzt. Man hat $v - V = C + c$, d. i. **den Unterschied nach dem Stoße der Summe vor demselben gleich.**

Gehen sie vor dem Stoße nach einerley, nach dem Stoße nach verschiedenen Seiten, so ist nur v dem V entgegengesetzt, und $V + v = C - c$, oder **die Summe nach dem Stoße dem Unterschiede vor demselben gleich.**

7.) Wenn die Körper nach verschiedenen Richtungen gehen, so **nähern** oder **entfernen** sie sich von einander mit der **Summe** ihrer Geschwindigkeiten; gehen sie aber nach einerley Richtung, so nähern oder entfernen sie sich mit dem **Unterschiede** derselben. Hält man dies mit allen Fällen von Num. 6. zusammen, so findet man durchgängig, daß sie sich nach dem Stoße mit eben der Geschwindigkeit von einander entfernen müssen, mit der sie sich vor dem Stoße einander näherten. **Es wird** also beym Stoße elastischer Körper **einerley respective oder relative Geschwindigkeit erhalten**, s. **Geschwindigkeit**, z. B. eine Minute vor, und eine Minute nach dem Stoße haben die Körper einerley Entfernung von einander.

8.) **Die Veränderungen der Geschwindigkeit**, welche beyde Massen leiden, indem sich C und c in V und v verwandlen, sind $C - V$ und $v - c$, oder

$$2C - 2x \text{ und } 2x - 2c$$

also doppelt so groß, als die bey Num. 3. für unelastische angegebnen.

9.) Aus Num. 2. folgt

$$MV = 2Mx - MC$$
$$mv = 2mx - mc$$
$$\overline{MV + mv = 2(M+m)x - (MC+mc)}$$

Digitized by Google

oder, weil $(M + m)\,x = MC + mc$

$$MV + mv = MC + mc$$

d. i. die algebraische Summe der Bewegungen bleibt vor und nach dem Stoße gleich (wenn man nemlich die Bewegung nach entgegengesetzter Richtung, als eine vermindernde, betrachtet). Sieht man aber jede Bewegung arithmetisch, als positiv an; so ändert sich alles, wie bey Num. 6. Der Satz gilt nur, wenn beyde Massen, vor und nach dem Stoße, nach einerley Gegend gehen. Gehen beyde vor und nachher nach verschiedenen Seiten, so ist der Unterschied der Bewegungen vor und nach dem Stoße gleich; gehen sie vorher nach verschiedenen, nachher nach einerley Seite, so ist der Unterschied vor dem Stoße der Summe nach demselben; und gehen sie vorher nach einerley, nachher nach verschiedenen Seiten, so ist die Summe vor dem Stoße dem Unterschiede nach demselben gleich.

Mithin ist es ein falscher Grundsatz, den Descartes (Princip. Philos. P. II. §. 36.) behauptet, daß in der Welt immer einerley Größe oder Summe von Bewegung erhalten werde. Es ließe sich zwar in einem gewissen Sinne vertheidigen, daß der Stoß elastischer Massen die Summe der Bewegung nicht ändere, wenn man nemlich die algebraische Summe verstünde, oder Bewegungen nach entgegengesetzten Richtungen, als einander vermindernd, betrachtete. Aber in diesem Sinne nimmt Descartes selbst den Satz nicht, weil er keine Bewegung der andern, sondern Bewegung überhaupt der Ruhe, entgegensetzt, s. Ruhe. Es ist auch unnatürlich, ihn so zu nehmen, wenn man von Summe der Bewegung in der Welt überhaupt redet. Wenn zwo gleiche Kugeln mit gleichen Geschwindigkeiten von einander zurückspringen, so wird doch jedermann sagen, daß hier Bewegung vorhanden sey. Aber im algebraischen Sinne heben sich beyde Bewegungen, als gleiche entgegengesetzte auf, und es ist keine Bewegung vorhanden. Jeder, der von Summe aller Bewegung in der Körperwelt redet, wird das, was hiebey Null

Digitized by Google

wird, nicht als Summe, sondern als Unterschied beyder Bewegungen betrachten.

10.) Man erhält ferner aus den Num. 2. befindlichen Werthen von V und v

$$MV^2 = MC^2 - 4MCx + 4Mx^2$$
$$mv^2 = mc^2 - 4mcx + 4mx^2$$

Also $MV^2 + mv^2 = MC^2 + mc^2 - 4(MC+mc)x + 4(M+m)x^2$.
Weil aber $(M + m)x = MC + mc$,
folglich $4(M + m)x^2 = 4(MC + mc)x$, so heben die zwey letzten Glieder der Gleichung einander auf, und man hat

$$MV^2 + mv^2 = MC^2 + mc^2$$

oder: Die Summen der beyden Producte aus den Massen in die Quadrate ihrer Geschwindigkeiten sind vor und nach dem Stoße gleich.

Bey diesem merkwürdigen Satze braucht man nicht mehr, wie bey Num. 2. 6. 7. 9, auf die Verschiedenheit der Zeichen + und — in den besondern Fällen Rücksicht zu nehmen. Massen und Quadrate der Geschwindigkeiten sind immer positiv, nach welchen Richtungen auch die Bewegungen gehen mögen. Dieser Satz also ist allgemein, und in jedem Sinne wahr. Die algebraischen Ausdrücke: Summe der Geschwindigkeiten, Bewegungen ꝛc. sind doppelsinnig und können arithmetisch auch Unterschiede anzeigen; aber bey der Summe der Quadrate verschwindet diese Zweydeutigkeit; man kan darunter nichts anders verstehen, als was durch Addition positiver Größen gefunden wird.

Dieser Umstand giebt dem Satze so viel einnehmendes, daß ihn Johann Bernoulli unter dem Namen des Grundsatzes der Erhaltung lebendiger Kräfte noch weit allgemeiner zu machen gesucht hat. Dieser Gelehrte dachte sich in jedem bewegten Körper etwas substantielles, oder eine in der That vorhandene Fähigkeit zu wirken, welche dem Produkte der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit proportional sey, und die er lebendige Kraft nannte. Beym Stoße elastischer Massen blieb nach diesem Be-

griffe die Summe ihrer lebendigen Kräfte ungeändert, und weil sich dies in mehrern Fällen so befindet, so folgerte Bernoulli daraus das Naturgesetz: **In der Körperwelt werde immer eine gleiche Summe lebendiger Kräfte erhalten, oder es gehe keine lebendige Kraft verlohren.** Die Induction ist aber nicht vollständig; denn beym Stoße weicher unelastischer Massen findet dieses Gesetz nicht statt. Auch hat man keine Ursache, ein solches eignes Wesen in den bewegten Körpern anzunehmen, s. **Kraft, lebendige**: und das MC^2 ist nichts weiter, als ein bequemer Ausdruck, der darum noch nichts wirklich Vorhandenes zu bezeichnen braucht; von gleicher Art mit den Momenten, s. **Moment.** Aus einer solchen symbolischen Erhaltung folgt noch nicht die physische Erhaltung eines reellen Wesens; sonst könnte man darthun, daß die Natur Kräfte erhalte, die gar nicht vorhanden sind (s. **Lambert Beytr. zum Gebrauch der Mathem. II. Th. S. 572.**).

11.) Wenn sich die Massen M und m mit den Geschwindigkeiten C und c bewegen, so geht ihr gemeinschaftlicher Schwerpunkt mit der Geschwindigkeit $\frac{MC+mc}{M+m} = x$ fort. Nach dem Stoße erhalten sie die Geschwindigkeiten V und v, wofür nach Num. 9. $MV + mv = MC + mc$ ist. Dies giebt, mit $M + m$ dividirt, die Geschwindigkeit des Schwerpunkts nach dem Stoße auch $= x$, völlig so groß und in eben der Richtung, wie sie vor dem Stoße war. **Der Zustand des Schwerpunkts wird durch den Stoß nicht geändert**, und wenn man sich die Massen $M + m$ in ihm vereinigt gedenkt, so ist die **Größe der Bewegung des Schwerpunkts vor und nach dem Stoße einerley**, beydemal $= (M + m)x$. So haben einige Cartesianer den Satz ihres Lehrers Num. 9. zu vertheidigen gesucht. **Johann Bernoulli** (Discours sur le mouvement Chap. IV. §. 8. Oper. T. III. p. 32.) nennt den Ausdruck $(M + m)x$ **Größe der Richtung** (quantité de direction); schicklicher hieße er Größe der Bewegung des Schwerpunkts, oder algebraische Summe

der Bewegungen. Denn dieſe letztere drückt $(M + m)\,x$ wirklich aus, und eben darum iſt der Satz mit Carteſens Behauptung, bey der von arithmetiſcher Summe die Rede iſt, nicht einerley.

Die Sätze 7. 10. 11. ſind die drey merkwürdigen **Erhaltungen**, um deren willen **Joh. Bernoulli** (Diſc. ſur le mouv. ch. 10.) ſagt, die Natur ſcheine ſich bey den Geſetzen der Bewegung des Raths der Geometrie bedient zu haben. Aus jedem Paare dieſer Sätze folgt allemal der dritte von ſelbſt.

12.) Wenn mehrere Maſſen M, m, μ u. ſ. w. hinter einander liegen, und M mit der Geſchwindigkeit C an die ruhende m ſtößt, ſo geht die letztere nach Num. 5. mit der Geſchwindigkeit $v = \frac{2MC}{M+m}$ fort, und ſtößt mit dieſer an die ruhende dritte, welche nun mit der Geſchwindigkeit $k = \frac{2mv}{m+\mu}$ fortgeht, u. ſ. w. Dieſe Geſchwindigkeit k iſt eine andere, als die der dritte Körper würde erhalten haben, wenn ihn der erſte unmittelbar geſtoßen hätte. Nemlich die mitgetheilte Geſchwindigkeit wird durch die Dazwiſchenkunft mehrerer Körper verſtärkt, wenn die folgenden Körper immer kleiner; geſchwächt, wenn ſie immer größer werden. Die Differentialrechnung lehrt, daß dieſe Verſtärkung ein Gröſtes werde, wenn die Maſſen der Körper in geometriſcher Progreſſion abnehmen.

Läſt man z. B. die Maſſen in der Reihe 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$... abnehmen, und die erſte mit der Geſchwindigkeit 1 an die zweyte, dieſe an die dritte u. ſ. w. ſtoßen, ſo erhält die zweyte $\frac{4}{3}$, die dritte $1\frac{6}{9}$, die vierte $\frac{64}{27}$ u. ſ. w. die 100ſte $(\frac{4}{3})^{99}$ Geſchwindigkeit. **Johann Bernoulli** findet durch Logarithmen dieſe letztere Geſchwindigkeit über 2 338 500 000 000 mal größer, als die des erſten Körpers.

13.) Berühren ſich in einer Reihe die gleichgroßen Kugeln

A, B, C, D, E, F, G, H,

und man läſt A mit einer beſtimmten Geſchwindigkeit an B

ſtoßen, ſo ſpringt die letzte Kugel H mit eben der Geſchwindigkeit ab, und die mittlern von B bis G bleiben in Ruhe. Läſt man zwo Kugeln A und B an C ſtoßen, ſo ſpringen die zwo letzten G und H ab, die mittlern von C bis F bleiben in Ruhe. Läſt man die drey A, B, C, an D ſtoßen, ſo ſpringen die drey letzten F, G, H ab; D und E bleiben in Ruhe, u. ſ. w.

14.) Für vollkommen unelaſtiſche Körper ſind die Veränderungen der Geſchwindigkeit $C - x$ und $x - c$; für vollkommen elaſtiſche nach Num. 8.) $2(C - x)$ und $2(x - c)$. In der Natur gehören die Körper weder zur erſten noch zur zweyten Claſſe; ſie haben verſchiedene Grade von Elaſticität, ohne je vollkommen elaſtiſch oder unelaſtiſch zu ſeyn. Man kan alſo für die natürlichen Körper überhaupt ſagen, ihre Geſchwindigkeiten ändern ſich beym Stoße um

$$\lambda (C - x) \text{ und } \lambda (x - c),$$

wo für völlig unelaſtiſche $\lambda = 1$, für völlig elaſtiſche $= 2$ wäre, für die wirklichen Körper alſo zwiſchen 1 und 2 fällt. Wäre z. B. bey gewiſſen Körpern die von der Federkraft herrührende Aenderung nur halb ſo groß, als ſie bey vollkommen elaſtiſchen ſeyn müſte, ſo wäre $\lambda = \frac{3}{2}$ (ſ. v. Segner Einl. in die Naturl. 1746. 8. §. 560.). Bleykugeln werden gewöhnlich für unelaſtiſch, elfenbeinerne für elaſtiſch angenommen; es iſt aber keines von beyden in der Strenge wahr, alſo λ für jene nur nahe 1, für dieſe nahe 2. Sind die kleinſten Theilchen der Körper elaſtiſch, ſo werden die ganzen Körper mehr oder weniger Elaſticität äuſſern, nachdem ſie mit mehr oder weniger Geſchwindigkeit anſchlagen; alsdann hängt λ von $C - c$ ab. Dieſe Lehre hat in der Anwendung große Schwierigkeiten, und es fehlt noch ſehr an hieher gehörigen Verſuchen (ſ. Lambert Anm. über die Gewalt des Schießpulvers, Berlin, 1766. §. 24 – 27. Hennert in den Haarlemer Verhandelingen 1775, überſetzt von Käſtner. Altenb. 1785. 8. I. B. 1 Stück).

Die Kürze verbietet mir, aus dem großen Reichthume hieher gehöriger Wahrheiten noch mehr beyzubringen.

Digitized by Google

Huygens Buch (De motu corporum ex percusſione in Opp. reliquis. To. II.) enthält eine ſchätzbare Sammlung derſelben. Zu ihrer Beſtätigung durch Verſuche dient Mariotte's von Nollet verbeſſerte Maſchine, ſ. Percuſſionsmaſchine, wobey jedoch das bey Num. 14. bemerkte zu bedenken iſt.

Geſchichte dieſer Geſetze.

Keine Wirkung in der Natur iſt ſo gemein, als Stoß und Mittheilung der Bewegung. Man ſollte glauben, dieſe Gegenſtände hätten die Neugier der Naturforſcher früher, als alle andere, reizen müſſen. Dennoch herrſchte bis auf Descartes Zeiten ein tiefes Stillſchweigen über die Geſetze des Stoßes; ſelbſt Galilei bringt nur wenige Erfahrungen für beſondere Fälle bey, und bemerkt, die Kraft des Stoßes ſey unendlich in Vergleichung mit der Kraft des Drucks. Herr von Fontenelle ſagt, es ſey faſt ſchimpflich für die Philoſophie, daß ſie ſich dieſer Unterſuchungen erſt ſo ſpät angenommen habe.

Descartes (Princip. philoſ. P. II. § 36. ſqq.) ſcheint zuerſt gefühlt zu haben, daß es für die Mittheilung der Bewegungen beſtimmte Geſetze geben müſſe. Aber ſeine Bemühungen, dieſelben zu finden, waren höchſt unglücklich. Er vergaß gänzlich die Erfahrung zu befragen, hielt ſich an gewiſſe metaphyſiſche Ideen, die ſeinem ſyſtematiſchen Erfindungsgeiſte eine falſche Richtung gaben, und fand darüber lauter Irrthümer, welche des Anführens nicht werth wären, wenn ſie nicht der berühmte Name ihres Urhebers merkwürdig machte.

Dieſer große Weltweiſe baut die Geſetze des Stoßes auf zween Grundſätze. Der erſte iſt der im vorigen angeführte Satz, daß in der Welt immer einerley Größe von Bewegung erhalten werde. (§ 36.), den er daraus herleitet, weil die Gottheit, als ein unveränderliches Weſen, von dem doch alle Bewegung herrühre, zu keiner Zeit deren mehr oder weniger, als zur andern, hervorbringen könne, und blos die einmal hervorgebrachte Bewegung

Digitized by Google

(so, wie die einmal erschaffene Materie) erhalten müsse. Es ist oben gezeigt worden, daß dieser Satz beym Stoße nur dann wahr sey, wenn man Größe der Bewegung nach einerley Seite versteht, welche mit Bewegung nach der entgegengesetzten Seite zusammengerechnet, vermindert wird, in welchem Sinne aber Descartes selbst das Wort nicht nimmt, wenn er von Größe der Bewegung redet. Der zweyte Grundsatz ist, daß jeder Körper an sich eine Kraft besitze, in seinem vorigen Zustand zu beharren, also zu ruhen, wenn er ruht, und in Bewegung zu bleiben, wenn er sich bewegt (§. 37). Hierinn liegt ein doppelter Fehler. Erstens wird da Kraft angenommen, wo blos Trägheit ist, s. Trägheit, woraus eine eigne Kraft zu ruhen folgt. Zweytens wendet Descartes den Satz so an, daß Bewegungen nach entgegengesetzten Richtungen bey ihm nicht entgegengesetzte Zustände sind, sondern zu einerley Zustande gehören. Er schreibt daher dem bewegten Körper an sich eine Kraft zu, seine Bewegung rückwärts fortzusetzen, im Fall er vorwärts durch ein Hinderniß gehemmt würde. Dies ist dem so natürlichen Begrife entgegen, nach welchem Bewegung durch Ruhe in entgegengesetzte Bewegung übergeht, s. Ruhe, und man begreift sehr leicht, daß zur Verwandlung einer Bewegung in die entgegengesetzte noch etwas mehr erfordert wird, als die bloße Unmöglichkeit, die vorige Bewegung fortzusetzen. Daraus leitet nun Descartes folgende Gesetze ab:

1. Gleiche Körper, die sich mit gleichen Geschwindigkeiten begegnen, gehen beyde mit eben diesen Geschwindigkeiten zurück (§. 46).

2. Stößt ein kleinerer Körper an einen größern mit gleicher Geschwindigkeit, so geht nur der kleinere zurück; daher gehen nach dem Stoße beyde zusammen fort mit der Geschwindigkeit des größern Körpers (§. 47).

3. Begegnen sich gleiche Körper mit ungleichen Geschwindigkeiten, so wird nur der langsamere zurückgetrieben, und beyde gehen zusammen mit der halben Summe ihrer vorigen Geschwindigkeiten fort (§. 48).

Digitized by Google

4. Stößt ein kleinerer Körper an einen größern ruhenden, so geht der kleinere mit seiner ganzen Geschwindigkeit zurück, ohne dem größern einige Bewegung mitzutheilen (§. 49).

5. Stößt ein größerer Körper M an einen kleinern ruhenden m, so wird der ruhende mit fortgerissen, und beyde gehen zusammen mit einer Geschwindigkeit fort, die im Verhältniße M + m : M vermindert ist (§. 50).

Es scheint, diese Gesetze sollen für alle feste Körper überhaupt gelten, weil **Descartes** harte und elastische nirgends unterscheidet, auch durch corpora dura überall alle feste Körper im Gegensatze mit den flüßigen versteht. Aber gleich das erste Gesetz ist nur für elastische Körper wahr, das zweyte und dritte finden weder für harte noch für elastische statt.

Vor allen andern ist das vierte auffallend unwahr, und kan durch ein Spielwerk widerlegt werden, wenn man mit einer kleinen Billardkugel auf eine große spielt, oder wenn man eine frey aufgehangene Canonenkugel durch eine daran geworfene Flintenkugel bewegt. **Montucla**, so sehr sonst Descartes sein Held ist, bewundert doch die Gelehrigkeit der Schüler, die solche Sätze hätten glauben können. Auch hatte **Clerselier**, der nachmalige Herausgeber von Descartes Briefen seinem Lehrer Einwendungen gemacht, die dieser (Lettr. To. I. 117.) sehr unverständlich beantwortet. In den **Principien** (P. II. §. 56. 57.) erklärt er solche Bewegungen größerer Körper durch kleinere, aus dem gestörten Gleichgewichte in den umgebenden Mitteln, und verwahrt sich überhaupt gegen alle Widersprüche aus Versuchen (§. 53) damit, daß es keine vollkommen festen Körper gebe, und daß die umgebenden flüßigen Materien überall mitwirken. **Montucla** kan nicht umhin (*malgré le reſpect dû au Philoſophe François*), dieses eine erbärmliche Ausflucht (une défaite pitoyable) zu nennen. Im fünften Gesetze ist für unelastische Körper, freylich nur durch Zufall, die Wahrheit getroffen.

Diese Gesetze stehen auch in gar keiner allgemeinen Verbindung unter sich selbst. Ihre V und v sind keine be-

Digitized by Google

ſtändigen Functionen, die nach einer gewiſſen allgemeinen Formel von C und c, von M und m abhiengen. Wenn M = m und C = c, ſo ſollen beyde Körper nach 1.) zurückſpringen. Wenn man aber m nur um das mindeſte kleiner nimmt, ſo ſoll nach 2.) nur m allein zurückſpringen, M aber ſeine ganze vorige Geſchwindigkeit und Richtung behalten. Wer fühlt hier nicht, daß eine ſo geringe Veränderung unmöglich eine ſo entgegengeſetzte Wirkung in M hervorbringen kan. Es iſt unnatürlich, von Größen, die einander beſtimmen, die eine ſprungweiſe verändert zu denken, indem ſich die andere allmählig ändert. Man vermißt hiebey ganz den großen Geometer und Algebraiſten, der mit den Geſetzen veränderlicher Größen ſonſt ſo bekannt war.

Inzwiſchen erhellet aus ſeinen Briefen, daß er das vierte Geſetz zu gewiſſen Zeiten ſelbſt nicht geglaubt hat. Schon die oben S. 216. angeführte Stelle enthält gerade das Gegentheil von demſelben. Und in einem andern Briefe (To. II. 44.) dehnt er die Behauptung des fünften Geſetzes, die für harte Körper wahr iſt, ganz richtig auch auf den Fall des vierten aus. Gewiß hätte ein ſo ſcharfſinniger Geiſt die wahre Theorie gefunden, wenn ihn nicht die Vorliebe für ſein allgemeines Syſtem und deſſen falſche Grundſätze gefeſſelt hätte.

Der erſte Anfang in dieſer Lehre war alſo nicht glücklich. Auch haben nachher der P. Honoratus Fabri, Joachim Jung u. a. wenig richtigeres gelehrt. Etwas beſſer iſt, was Borelli (De vi percuſſionis. Bonon. 1666. 4.) beybringt, ob gleich nur auf beſondere Fälle ohne allgemeinen Zuſammenhang gerichtet, und durch eine unbequeme Art, die Bewegung zu betrachten, verdunkelt.

Die königliche Societät der Wiſſenſchaften zu London machte im Jahre 1668 den Wunſch bekannt, daß die beſten Mechaniker unter ihren Mitgliedern die Theorie der mitgetheilten Bewegung unterſuchen, und die gefundenen Reſultate einreichen möchten. Auf dieſe Veranlaſſung traten auf einmal drey der berühmteſten Mathematiker, Wallis, Wrenn und Huygens, mit den wahren Geſetzen des Stoßes

hervor (Philoſ. Trans. Num. 43. p. 864. 867. Num. 46. p. 927. überſ. in Abhandl. zur Naturgeſch. Phyſik u. Oekon. aus den Philoſ. Transact. I. B. 1 Th. Leipz. 1779. gr. 4. S. 147 u. f.). Wallis Sätze erhielt die Societät am 26 Nov., Wrenn's am 17 Dec. 1668. und Huygens am 4 Jan. 1669. Man geſteht aber ein, daß Huygens ſchon bey ſeinem zweyten Aufenthalte in London im Jahre 1663 im Beſitze dieſer Sätze geweſen ſey, wiewohl er damals den engliſchen Gelehrten nichts von dieſer Entdeckung mitgetheilt habe.

Wallis ſchränkt ſich blos auf unelaſtiſche Körper ein. Er geht von dem Grundſatze aus, daß jede bewegende Kraft dem Körper deſto weniger Geſchwindigkeit giebt, je mehr Maſſe ſie zu bewegen hat, und ſchließt ganz direct, daß die bewegenden Kräfte MC und mc, die beym Einholen zuſammen MC + mc, beym Begegnen MC — mc ausmachen, ſich in beyden Fällen durch die Summe der Maſſen M + m vertheilen, und beyden Körpern eine gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit geben, die dem Quotienten des MC + mc durch M + m gleich iſt. Er nennt die Maſſen P und mP, die Geſchwindigkeiten C und nC, und findet daher

$$x = \frac{PC \mp mnPC}{P + mP} = \frac{1 \mp mn}{1 + m} . C.$$

Bey elaſtiſchen Körpern, bemerkt er, könne ſtatt des gemeinſchaftlichen Fortgehens ein Abſpringen erfolgen, wenn der Rückſtoß der elaſtiſchen Kraft ſtärker, als der forttreibende Stoß ſey. Aber erſt in der Folge (Mechanica ſ. de motu, ed. 1669. fol. et in Opp. To. I. Cap. XIII. De Elatere et Reſilitione) hat er ſeine Theorie auch auf elaſtiſche Körper gehörig erweitert.

Wrenn's und Huygens Aufſätze enthalten die Geſetze des Stoßes elaſtiſcher Körper ohne Beweiß. Sie zeichnen ſich aber durch eine ſehr kurze, nette, und doch allgemeine, Darſtellung der Sache aus. Wenn die Maſſen A und B, Taf. XXIII. Fig. 34, deren gemeinſchaftlicher Schwerpunkt C iſt, ſich mit den Geſchwindigkeiten und

Digitized by Google

nach den Richtungen AD, BD ſtoßen, ſo nehme man CE = CD, und die Maſſe A wird ſich nach dem Stoße mit der Geſchwindigkeit und nach der Richtung EA, die Maſſe B mit der Geſchwindigkeit und nach der Richtung EB bewegen. Man ſieht leicht, daß dies alle Fälle darſtellt. Liegt D zwiſchen A und B, ſo begegnen ſich die Körper; liegt es über A oder B hinaus, wie Fig. 35. und 36, ſo holt einer den andern ein; liegt es in A oder B ſelbſt, ſo ruht einer von beyden. Fällt E zwiſchen A und B, ſo ſpringen die Körper nach dem Stoße beyde aus einander; fällt es über A oder B hinaus, wie Fig. 36, ſo gehen ſie nach einerley Seite, und einer folgt dem andern; fällt es in A oder B ſelbſt, ſo kömmt einer von beyden in Ruhe. Uebrigens iſt der allgemeine Satz offenbar kein anderer, als der oben bey Num. 11.) angeführte, daß der Schwerpunkt nach dem Stoße in eben der Richtung und eben ſo geſchwind fortgeht, als vor demſelben.

In einem im Februar 1669 nachgeſendeten Aufſatze zeigte Huygens zum erſtenmale die merkwürdigen Sätze an, daß die Summe der Producte aus den Maſſen in die Quadrate der Geſchwindigkeiten vor und nach dem Stoße gleich groß bleibe, und daß die Größe der Bewegung zwar vermehrt oder vermindert werden könne, aber doch allezeit nach einerley Seite zu unverändert bleibe, wenn man die nach der entgegengeſetzten Seite gerichtete davon abziehe. Uebrigens nennt er zwar die elaſtiſchen Körper harte, aber nur im Gegenſatze mit den weichen unelaſtiſchen, nicht in dem carteſianiſchen Sinne, als ob die vollkommne Härte ſchon an ſich einen zureichenden Grund des Zurückſpringens enthielte.

Weit ſchöner und mit ſinnreichen Beweiſen hat Huygens dieſe ganze Lehre in einem Buche ausgeführt, das erſt nach ſeinem Tode ans Licht kam (*Chr. Hugenii* de motu corporum ex percuſſione liber in ej. Opp. reliqu. Amſt. 1728. 4. To. II. p. 73.). Er trägt Bedenken, ſich auf das einzulaſſen, was während des Stoßes in den Körpern ſelbſt vorgeht; er gründet ſich daher lieber auf Erfahrungen und auf den ihm eignen Grundſatz der aufſteigenden Kräf-

Digitized by Google

te. Die Erfahrung lehrt, daß gleiche elastische Körper, die sich gleich geschwind begegnen, auch gleich geschwind zurück springen. Sind aber die Geschwindigkeiten ungleich, so stelle man sich vor, ein Mensch auf einem Schiffe führe mit beyden Händen an den Fäden aA, aB Taf. XXIII. Fig. 37. die Kugeln A und B mit gleicher Geschwindigkeit gegeneinander. Ruht das Schif, so kommen sie in der Mitte bey D zusammen, und springen eben so geschwind wieder von einander. Nun weiß man, daß auf dem bewegten Schiffe alles eben so erfolgt, wie auf dem ruhenden. Wird also das Schif während dieser Zeit von B nach A zu durch einen Raum BE bewegt, so ist die absolute Bewegung der Kugel B (wie man sie vom Ufer aus sehen würde) durch BD + BE, die der Kugel A nur durch AD — BE gegangen. Nach dem Stoße (wenn das Schif immer fortfährt, oder wenigstens A und B die ihnen vom Schiffe mitgetheilte Bewegung behalten) gehen beyde wieder gemeinschaftlich durch einen Raum = BE in eben der Zeit weiter; der Zuschauer am Ufer sieht also B nur durch den Raum BD — BE, A durch den AD — DE zurückspringen. Dies sind aber ihre absoluten Bewegungen; nach diesen haben sie also (weil BD = AD) ihre Geschwindigkeiten verwechselt. Auf gleiche Art werden nun alle Fälle des Stoßes gleicher Massen untersucht. Für ungleiche Massen erweiset Huygens zuerst aus dem Grundsatze der aufsteigenden Kräfte (da nemlich, wenn A und B ihre Geschwindigkeiten durch einen freyen Fall erhalten hätten, und mit den neuen Geschwindigkeiten wieder aufstiegen, ihr gemeinschaftlicher Schwerpunkt eben so hoch steigen müßte, als er vorher gefallen war), daß die neuen Geschwindigkeiten gleich seyn müssen, wenn sich die vorigen verkehrt, wie die Massen, verhalten. Hierauf versetzt er die Kugeln wieder auf das Schif, und untersucht für alle Fälle, was für Geschwindigkeiten der Zuschauer am Ufer vor und nach dem Stoße sehen würde, welche für die absoluten Bewegungen der Kugeln zusammengehören, wenn die Geschwindigkeiten vor dem Stoße ungleich sind. Bey allen Einwendungen, die sich gegen die Beweiskraft dieser

Methode einem jeden darbieten, geht doch nichts über die geometrische Eleganz, mit welcher Huygens dies alles ausführt.

Die Erfahrung bestätigte die Richtigkeit aller dieser Lehren. Schon **Wrenn** hatte sich vor ihrer Bekanntmachung durch Versuche mit Pendeln davon überzeugt; **Mariotte**, der damals die Experimentalphysik sehr fleißig bearbeitete, machte sich ein eignes Geschäft aus der Prüfung dieser Gesetze, und beschreibt seine Versuche, die keinen Zweifel übrig lassen, im ersten Theile seiner Abhandlung vom Stoße (Traité de la percuſsion ou choc des corps. à Paris, 1677. und in Oeuvres de *Mariotte*. à la Haye. 1740. To. I.). Da man völlig harte Körper nicht findet, so bedient man sich hiebey der Bley- und Thonkugeln, als unelastischer, der elfenbeinernen als elastischer Massen. Die beym Worte **Percussionsmaschine** beschriebene Vorrichtung hat den Vortheil, daß die Bogen, durch welche die Kugeln fallen oder steigen (wenn sie nicht groß, z. B. nicht über 10° sind), sogleich die Geschwindigkeiten selbst ausdrücken. Man findet dieselben ohne sehr merklichen Fehler so groß, als sie den angegebnen Gesetzen nach seyn müssen. Alle Schriftsteller über die Experimentalphysik, z. B. **Desaguliers**, **s'Gravesande**, **Nollet**, beschäftigen sich mit diesen Versuchen, welche die hier gelehrten Sätze zu dem Range allgemein anerkannter Naturgesetze erhoben haben.

Die Gesetze des Stoßes werden von den physikalischen und mechanischen Schriftstellern auf mancherley verschiedene Arten vorgetragen und erwiesen. Ich bin oben der Methode des Herrn **Kästner** (Anfangsgr. der höhern Mech. S. 289 u. f.) gefolgt, die mir das, was beym Stoße in den Körpern selbst vorgeht, mit vorzüglicher Deutlichkeit darzustellen scheint, und alles aus den Eigenschaften der Körper selbst, aus Undurchdringlichkeit, Trägheit, Härte und Elasticität herleitet. Der Stoß giebt ein Beyspiel eines Phänomens, das sich unmittelbar aus den Eigenschaften der Körper erklären läßt: es wäre vergeblich, weitere Ursachen desselben aufzusuchen. Dennoch wird

Digitized by Google

man dabey fühlen, daß die Bestätigungen durch Versuche zur völligen Ueberzeugung nicht ganz überflüßig sind, wie es auch bey Gegenständen der Naturlehre nicht anders zu erwarten steht.

Man kan sonst auch diese Gesetze aus den beyden Grundformeln der höhern Mechanik $dv = 2gfdt$ und $du = fds$ (s. Kraft, Th. II. S. 801. 802.) herleiten, wenn man für f die beschleunigende Kraft setzt, welche auf die Veränderung der Geschwindigkeiten in jedem Augenblicke des Stoßes verwendet wird. Das Verfahren findet man bey Euler (Comm. Petropol. To. V. p. 159. Mém. de l'acad. de Prusse 1745. p. 50.) und Karsten (Lehrbegrif der ges. Mathem. Th. IV. Mechanik. XV. Abschn. §. 230.). D'Alembert (Traité de Dynamique. §. 19. 127.) will zwar die Anwendung dieser Formeln beym Stoße nicht zulassen, aber seine Gründe setzen die Sache nicht in das gehörige Licht. Für weiche und elastische Körper kan man sie allerdings gebrauchen; nur für vollkommen harte deswegen nicht, weil sie voraussetzen, der Stoß daure eine Zeitlang, und die Aenderung der Geschwindigkeiten erfolge nach dem Gesetze der Stetigkeit, welches bey harten Körpern nicht statt findet, s. Stetigkeit.

Endlich hat auch Herr von Maupertuis (Mém. de Paris, 1743 ingl. Mém. de l'acad. de Prusse 1746.) die Gesetze des Stoßes aus seinem Satze der kleinsten Wirkung hergeleitet, wobey man aber für unelastische Körper als schon erwiesen annehmen muß, daß sie nach dem Stoße einerley Geschwindigkeit $= x$ erhalten. Da Wirkung hier das Product aus Masse, Raum und Geschwindigkeit bedeutet, die Räume aber den Geschwindigkeiten proportional sind, so wird die Masse M, die ihre Geschwindigkeit um $C - x$ ändert, die Wirkung $M(C - x)^2$; m hingegen, deren Geschwindigkeit sich um $x - c$ ändert, die Wirkung $m(x - c)^2$ leiden. Die Summe beyder soll ein Kleinstes, also ihr Differential $= 0$ seyn. Daraus erhält man

$$(-2MC+2Mx+2mx-2mc)dx=0$$

oder $Mx+mx=MC+mc$, d. i. $x=\frac{MC+mc}{M+m}$.

Für elastische Körper muß die Gleichheit der relativen Geschwindigkeit vor und nach dem Stoße vorher erwiesen werden. Maupertuis stellt sich zu dem Ende vor, die Körper wären blos hart, und eine Feder zwischen ihnen, die im Stoße mit der relativen Geschwindigkeit beyder Körper C — c zusammengedrückt würde. Diese Feder wird sich mit gleicher Gewalt wieder ausbreiten, und die Körper mit eben der relativen Geschwindigkeit von einander entfernen, daher $v-V=C-c$ seyn muß. Hieraus folgt $dv=dV$. Die Wirkungen sind jetzt $M(C-V)^2$ und $m(v-c)^2$, und das Differential ihrer Summe, welches verschwinden soll,

$$-(2MC-2MV)dV+(2mv-2mc)dv=0$$

Also, weil $dv=dV$,

$$MV=MC+mc-mv$$

Wenn nun für v noch das gleiche $C-c+V$ gesetzt wird, so folgt

$$MV=MC+mc-mC+mc-mV$$
$$MV+mV=MC+2mc-mC$$
$$(M+m)V=2MC+2mc-MC-mC$$
$$=2(M+m)x-(M+m)C,$$

mithin $V=2x-C$; und $v=C-c+V=2x-c$, wie oben. Solche aus Endzwecken der Natur geführte Beweise enthalten aber keine Erklärungen aus den Ursachen, und können nie für physikalische Demonstrationen gelten.

Schiefer Stoß.

Für den schiefen Stoß muß man den vorigen Gesetzen noch die Zerlegung der Bewegungen beyfügen. Wenn Taf. XXI. Fig. 129. eine Kraft oder Bewegung PM auf eine schiefe Ebne AB wirkt, so läßt sie sich in zween Theile zerlegen, deren einer PN der Ebne parallel, der andere NM auf sie senkrecht ist. Nur der letztere NM wirkt auf die Ebne, und die Wirkung des schiefen Stoßes ist also = PM.

Digitized by Google

sin NPM, oder verhält sich wie der Sinus des Winkels PMA, den die Richtung des Stoßes mit der gestoßenen Fläche macht.

Taf. XXIII. Fig. 38. stoßen die elastischen Kugeln A, B, mit den Geschwindigkeiten und in den Richtungen AR, BN, in R, N aneinander. Beym Stoße liegt der Berührungspunkt in der Linie RN, die durch beyder Mittelpunkte geht, und nur nach dieser Richtung können beyde in einander wirken. Man zerlege also die Geschwindigkeiten AR, BN jede in zween Theile, deren einer nach der Linie RN gerichtet, der andere darauf senkrecht ist. So erhält man aus AR die beyden Geschwindigkeiten AQ, QR, aus BN die beyden BM, MN, wovon nur QR und MN beym Stoße in einander wirken. Man sehe also die Körper so an, als stießen sie mit diesen Geschwindigkeiten gerade an einander (giengen QR und MN nach einerley Seite, so folgte einer dem andern nach), suche daraus die Geschwindigkeit nach dem Stoße, und nehme RS und NO diesen gemäß. In gegenwärtigem Beyspiele, wo die Massen gleich sind, werden die Kugeln ihre Geschwindigkeiten verwechseln; man hat also RS = NM, und NO = RQ zu nehmen. Weil nun die Theile AQ und BM aus den vorigen Geschwindigkeiten ungeändert bleiben, so nehme man SI = AQ und OP = BM. Alsdann werden die Linien RI und NP die Geschwindigkeiten und Richtungen der Kugeln nach dem Stoße ausdrücken, weil die Bewegung von R aus RS und SI, die von N aus NO und OP zusammengesetzt ist.

Hätte die Kugel N vor dem Stoße geruht, so würde sie nach demselben mit der Geschwindigkeit NO, die stoßende aber mit RK fortgegangen seyn.

Es wird durch den eccentrischen Stoß ausser der fortgehenden auch eine umdrehende Bewegung der Kugeln um Axen hervorgebracht. Bey ganz freyen Bewegungen hat zwar das Umdrehen keinen Einfluß auf den Fortgang; aber in unzählbaren Fällen, z. B. wenn Kugeln auf horizontalen oder schiefen Ebnen mit Reibung rollen, kan daraus ein beträchtlicher Unterschied entstehen. Wenn die Kugel C Taf. XXIII. Fig. 39. eine umdrehende Bewegung von

M nach N hat, und ſich an der Ebne AB reibt, ſo wird ſie ſchon dadurch allein eine fortgehende Bewegung erhalten, und ſich von D nach B zu wälzen oder rollen. Bekömmt ſie noch überdies eine fortgehende Bewegung nach BA, dieſem Rollen entgegen, ſo entſteht daraus eine combinirte Wirkung, und ſie kan in dieſem Zuſtande nicht ſo geſchwind nach BA gehen, als ſonſt geſchehen würde, wenn ſie ſich nicht nach MN umdrehte. Ein Stoß auf die Seite der Kugel nach der Richtung OP giebt ihr beyde vorgedachte Bewegungen zugleich; jetzt kan ſie alſo nicht mehr ſo gehen, wie es den Geſetzen des Stoßes, ohne Umdrehung, gemäß iſt. Wenn der Stoß die Kugel ein wenig hebt, daß ſie flach und ohne ſtarkes Reiben über DA hingleitet, ſo kan es kommen, daß wenn ſie wieder fällt und ſich ſtärker reibt, die fortgehende Bewegung nach DA aufgehoben wird, die Kugel plötzlich ſtillſteht, und endlich durch das noch daurende Wälzen nach der Richtung MN wieder von A nach D zurück läuft.

Ueber die Lehre vom eccentriſchen Stoße und der drehenden Bewegung haben **Johann** und **Daniel Bernoulli**, vorzüglich aber **Euler** (De communicatione motus in colliſione corporum ſeſe non directe percutientium in Comm. Petrop. To. IX. und in der Theoria motus corporum ſolidorum ſ. rigidorum. Roſtoch. et Gryphisw. 1765. 4) Unterſuchungen angeſtellt, wovon man auch einiges bey **Karſten** (Lehrbegrif der geſ. Math. Th. IV. Mechanik im XVIII. Abſchn.) findet. Dabey kömmt die Betrachtung der **Mittelpunkte des Stoßes** vor, ſ. **Mittelpunkt des Stoßes.**

Vom Stoße elaſtiſcher Körper an unbewegliche Hinderniße wird bey dem Worte **Zurückwerfung** gehandlet.

Von allem dieſen hängt die Bewegung der Billardkugeln ab, von der, jedoch ohne Betrachtung des Umdrehens, **Muſſchenbroek** (Introd. ad philoſ. nat. To. I. 814 - 817.) handlet. Wollte man in der Ausübung davon richtigen Gebrauch machen, ſo müſte man das Umdrehen mit in Betrachtung ziehen, welches hiebey eine ſehr große Rolle ſpielt.

Digitized by Google

Kraft des Stoßes.

Elastische Massen üben die ganze Zeit des Stoßes hindurch gegen einander einen Druck aus, dessen Größe in jedem Augenblicke man mit andern Drückungen, z. B. mit Gewichten, vergleichen, und etwa für eine gegebene Entfernung der Schwerpunkte oder für eine gegebene Zeit vom Anfange des Stoßes an, bestimmen könnte, weil sie nicht für alle Augenblicke einerley, sondern veränderlich ist. Diesen Druck könnte man **Kraft des Stoßes** nennen. Bey weichen Körpern, wo sich der Zusammenhang der Theile trennt, wird er eine beständige Größe. Solche Körper drücken Gruben in einander, und **Euler** (Sur la force de percussion in Mém. de Berlin. 1745. p. 21.) zeigt, wenn M in m eine Grube von der Tiefe = a drücke, so sey die Kraft des Stoßes $= \frac{Mm}{M+m} \cdot \frac{(C-c)^2}{4ga}$, oder wenn die eine Masse m unbeweglich ist (in welchem Falle sie als unendlich groß angesehen werden kan, und c verschwindet) $= \frac{MC^2}{4ga}$. Beyspiele hiezu giebt **Euler** (in **Robins** erläuterter Artill. S. 719.), wo eine Bleykugel mit der Geschwindigkeit von 1700 Schuh (in 1 Sec.) abgeschossen, 5 Zoll tief in Ulmenholz eindrang. Hiebey war der Druck in jedem Augenblicke 107760 mal größer, als M, oder als das Gewicht der Kugel, u. s. w.

Bey vollkommen harten Körpern, die ihre Geschwindigkeit **plötzlich** ändern, nimmt der Stoß jedem eine endliche Geschwindigkeit in einem Augenblicke. Die Schwere hingegen nimmt oder erzeugt endliche Geschwindigkeiten nie anders, als in endlicher Zeit. Hier verhält sich also die Kraft des Stoßes zum Drucke, wie ein Integral zu seinem Elemente, oder der Stoß ist, wie schon **Galilei** gesagt hat, **unendlich größer**, als der Druck. Indessen ist hieraus nicht zu schließen, daß die Kraft eines solchen Stoßes an sich unendlich seyn würde. Sie läst sich nur nicht durch ein ihr gleiches Gewicht ausdrücken, ob sich wohl solche Kräfte unter einander selbst würden vergleichen lassen,

Digitized by Google

da sie sich denn, wie MC, verhalten müsten. So etwas gilt auch von der Totalsumme aller der Drückungen, die beym Stoße elastischer Massen während der ganzen Zeit desselben statt gefunden haben; und wenn man unter dem Worte **Kraft des Stoßes** diese Totalsumme versteht, so läst sie sich eben so wenig mit Gewichten vergleichen, weil sie eigentlich ein Integral ausmacht, von welchem jedes Element einem Drucke oder Gewichte gleich ist. Unter sich aber lassen sich solche Totalsummen wieder vergleichen, ohne Rücksicht auf die Zeit, binnen welcher sie erwachsen sind, und dabey kan man behaupten, daß sie sich wie MC^2 verhalten würden. Dies wird noch einiges Licht über die vermeinten Maaße der Kräfte geben, s. **Kraft** (Th. I. S. 803. u. f.)

Einige, sonst nicht schlechte, Schriftsteller geben zu Messung der Kraft des Stoßes sehr unschickliche Vorschriften. **Camus** (Traité des forces mouvantes. P. I. ch. 3. prop. 5.) schlägt eine Bleykugel mit einem Hammer, der 1 Pfund wiegt, ohne Gewalt platt, und schließt, weil eine gleiche Kugel eben so platt zu drücken, 200 Pfund Gewicht erfordert werde, so sey der Schlag des Hammers einem Gewichte von 200 Pfund gleich. Die Worte: **ohne Gewalt**, sind unbestimmt, und sagen eigentlich gar nichts. Um sich bestimmter auszudrücken, hätte Camus die Höhe angeben können, aus welcher der Hammer frey herabfallen muste, wenn er diese Wirkung thun sollte. Aber selbst dann hätte man noch keinen Begrif davon, wie viel der Schlag gethan habe; denn ein Schlag, der die Kugel in **kürzerer oder längerer Zeit** eben so platt gedrückt hätte, wäre ohne Zweifel stärker oder schwächer gewesen. Man hat überhaupt nicht nöthig, viel von Kräften oder Gewalt des Stoßes zu reden. So gebräuchlich diese Redensarten im gemeinen Leben sind, so lassen sich doch Wirkungen, die man hiebey einer Gewalt zuschreibt, ganz einfach aus Masse und Geschwindigkeit allein herleiten.

Kästner Anfangsgründe der höhern Mechanik, Göttingen, 1766. 8. S. 289. u. f.

Karsten Lehrbegrif der ges. Mathematik, Mechanik. IV. Th. Greifsw. 1769. 8. XV. XVII. XVIII. Abschnitt.

Digitized by Google

Ren. Des-Cartes Principia Philoſophiae. Amſt. 1685. 4. Part. II. §. 36 ſqq.

Montucla Hiſt. des mathematiques. To. II. P. IV. L. V. §. 6. L. VII. §. 1.

Diſcours ſur les loix de la communication du mouvement in *Jo. Bernoulli* Opp. omn. Lauſannae & Genev. 1742. 4. To. III. no. 135. p. 7. ſqq.

Petr. v. Muſſchenbroek Introduct. ad Philoſoph. natur. Lugd. Bat. 1762. 4. To. I. c. 17. De percuſſione.

Stoßmaſchine, ſ. Percuſſionsmaſchine.

Stral, Lichtſtral, ſ. Licht.

Stralenbrechung, ſ. Brechung der Lichtſtralen.

Stralenbrechungen, aſtronomiſche, Refractiones aſtronomicæ, *Refractions aſtronomiques.* Die von den Geſtirnen kommenden Lichtſtralen gehen aus dem luftleeren Himmelsraume in unſern Luftkreis, alſo in ein dichteres Mittel, über. Sie müſſen daher gebrochen werden (ſ. Brechung der Lichtſtralen) und nach andern Richtungen, als ſonſt geſchehen wäre, ins Auge kommen. Wenn Taf. XXIV. Fig. 40. ABD die Oberfläche der Erdkugel, EKO die Oberfläche der Atmoſphäre vorſtellt, ſo wird der Lichtſtral MK, welcher ſchief in den Luftkreis EKO eindringt, nach dem Einfallslothe CKR zu gelenkt, und kömmt nach der Richtung KA ins Auge. Der Zuſchauer in A ſieht nun das Geſtirn nach der verlängerten Richtung AK in N, obgleich der wahre Ort deſſelben nach M zu liegt. Dieſe Ablenkungen der Lichtſtralen von ihrem Wege, und insbeſondere die Größen der Winkel MKN, FOT u. ſ. w. um welche die Geſtirne F, M, der Brechung halber höher erſcheinen, führen den Namen der aſtronomiſchen Stralenbrechungen.

Daß das Licht beym Uebergange aus luftleeren Räumen in Luft wirklich gebrochen werde, haben, unabhängig von allen aſtronomiſchen Beobachtungen, Lowthorp und Hawksbee durch Verſuche mit luftleeren Gefäßen erwieſen (ſ. Lulofs Kenntniß der Erdkugel durch Käſtner §. 465.), von denen man jedoch keine zuverläßige Beſtimmung des Brechungsverhältniſſes erwarten darf.

Digitized by Google

Weil der Luftkreis selbst von K bis A nicht einerley Dichte behält, sondern weiter herabwärts immer dichter wird, so müssen zwischen K und A noch mehr Brechungen gegen das Einfallsloth zu erfolgen. Und da die Dichte der Luft von oben herabwärts nicht sprungweise, sondern nach dem Gesetze der Stetigkeit, zunimmt, so geschehen solcher Brechungen unendlich viele, oder der Stral wird von K bis A an jeder Stelle seines Weges weiter gegen CK gelenkt. Daher bildet der Weg des Strals KA eine krumme gegen CK hohle Linie.

Dennoch bleiben alle Theile dieses Weges in der ersten Brechungsebne MKC, weil sich die Atmosphäre in concentrische Kugelschichten von verschiedener Dichte eintheilen läst, so daß alle Einfallslothe durch den Mittelpunkt C gehen; daher jeder folgende Theil des krummen Weges in ebendieselbe Ebne durch C fallen muß, in welcher der vorhergehende Theil lag, mithin der ganze Weg in eben diejenige Ebne durch C fallen muß, in welcher die erste Brechung bey K geschahe, d. i. in die Ebne MKC. Diese ist nun eine Scheitelfläche des Beobachtungsortes A. Daher kan die Stralenbrechung oder der Winkel MKN nicht anders, als in einen Scheitelkreis des Beobachters fallen, und die Wirkung muß diese seyn, daß jedes Gestirn in seinem Scheitelkreise etwas höher erscheinet, als ohne die Brechung geschehen würde.

Steht das Gestirn im Zenith Z, so geht der Stral ZE, der auf alle concentrische Schichten des Luftkreises senkrecht fällt, ungebrochen durch alle hindurch. Hingegen fallen die Stralen MK, FO desto schiefer auf, und werden also desto stärker gebrochen, je näher das Gestirn dem Horizonte erscheint. Mithin giebt es im Zenith gar keine Stralenbrechungen, von da an nach dem Horizonte nehmen dieselben immer zu, und die im Horizonte, die Horizontalrefraction, ist unter allen am grösten. Ob der Stern in der Linie KM weit oder nahe steht, thut nichts zur Sache; also ist die Stralenbrechung für Fixsterne, Planeten, Sonne, Mond ꝛc. durchgängig einerley.

Digitized by Google

Daß dieſe aſtronomiſchen Stralenbrechungen ſchon **Ptolemäus** gekannt habe, ſchließt **Montucla** aus einer Stelle des **Baco** (Perſpectiva ex edit. *Combachii* 1614. p. 37.), welcher anführt, man ſehe die Geſtirne beym Horizonte nicht am rechten Orte, und hinzuſetzt: „Sic autem „*Ptolemaeus* in lib. V. de Opticis, et *Alhazen* in VII.“ Nun handlet zwar **Alhazen**'s Stelle wirklich von den Stralenbrechungen: aber im Almageſt des Ptolemäus wird ihrer nicht erwähnt, ſelbſt an Orten nicht, wo es müſte geſchehen ſeyn, wenn man ſie damals gekannt hätte. Wahrſcheinlich hat ſich alſo die von Baco angeführte Stelle aus der Optik des Ptolemäus auf den Geſichtsbetrug bezogen, durch den man Winkel am Horizonte für größer hält, als in der Höhe, welchen Ptolemäus irrig aus den Dünſten erklärt, ſ. **Himmel**. Von dieſem Geſichtsbetruge handlen mehr Stellen des Almageſts, unter andern die (L. III. c. 9.), welche **Prieſtley** (Geſch. der Optik, durch Klügel. S. 11.) ebenfalls auf die aſtronomiſche Stralenbrechung ziehen will.

Alhazen hingegen (Opt. L. VII. und de crepuſculis) redet ſchon ſehr beſtimmt von dieſen Brechungen. Er leitet ſie davon her, daß die Materie der Himmel ſubtiler ſey, als die Luft; er ſchreibt ihnen das Blinkern der Fixſterne zu, läßt ſie die Geſtirne höher darſtellen, und Sterne über den Horizont erheben, die in der That noch darunter ſtehen. Er läugnet endlich mit Recht, daß ſie den Grund der ſcheinbaren Vergrößerung der Sonnenſcheibe beym Horizonte enthalten, weil ihre Wirkung den Durchmeſſer der Geſtirne am Horizonte eher verkleinern müſſe. Ob er gleich Mittel vorſchlägt, ihre Größe zu finden, ſo giebt doch weder er, noch ſein Nachfolger **Vitello**, irgend eine Beſtimmung dieſer Größe an.

Erſt im ſechszehnten Jahrhunderte unterſuchten **Bernhard Walther** (Obſerv. Norimb. adjectæ Obſerv. Haſſiacis, editis a *Willebrordo Snellio*. Lugd. Bat. 1618. 4.), **Möſtlin**, und vorzüglich **Tycho de Brahe** (Progymnaſm. aſtron. L. I. p. 15. ſqq.) dieſen Gegenſtand genauer und mit beſſern Werkzeugen. Man überzeugte ſich bald von

Digitized by Google

der Größe und dem wichtigen Einfluße seiner Wirkungen. Kepler (Epit. Astr. Copern. L. I. Part. 3. p. 61.) führt an, indem die Aehre der Jungfrau aufgehe, stehe der Schwanz des Löwen in eben dem Scheitelkreise 35° 2′ hoch, da doch die Distanz dieser beyden Sterne nahe am Mittagskreise nur $34\frac{1}{2}^{\circ}$ gefunden werde, woraus zu schließen sey, es werde die aufgehende Aehre durch die Refraction um 32′ höher gehoben. Diese Beobachtung ist von Tycho, wie der Zusammenhang in Keplers Buche lehrt; auch zeigt der Globus, daß sie auf den Horizont von Uranienburg passet. Tycho selbst setzt die Refraction der Sterne im Horizonte auf 30′ oder einen halben Grad.

Dieser große Beobachter irrte aber darinn, daß er einen Unterschied zwischen Sonne, Mond und Sternen machte, der Sonne 34′ und dem Monde nur 33′ Refraction im Horizonte zuschrieb, und die Wirkungen der Stralenbrechung sich bey der Sonne nur bis 43°, beym Monde bis 45°, bey den Sternen bis 20° Höhe erstrecken ließ, auch glaubte, der Luftkreis reiche bis an den Mond. Kepler, der die Brechung schon besser kannte, bemerkt dagegen (Paralipom. ad Vitell.), daß auf die Entfernung des Gestirns von der Erde nichts ankomme, schreibt aber der Luft bis an die Grenzen der Atmosphäre eine gleichförmige Dichte zu, welche irrigen Vorstellungen vom Luftkreise erst durch die Entdeckungen des Torricelli, Pascal, Boyle und Mariotte berichtiget worden sind.

Noch 1665 nahm der P. Riccioli die Stralenbrechung nur bis 26° Höhe für merklich an. Aber um eben diese Zeit zog der ältere Cassini aus seinen Beobachtungen eine Brechungstafel, in welcher die Horizontalrefraction $32\frac{1}{8}$′ gesetzt, und die Brechung bis nahe ans Zenith für merklich angenommen ist. Die Richtigkeit dieser Angaben ward durch Richer's Beobachtungen in Cayenne in den Jahren 1671–1673 bestätiget.

Die Sternkunde lehrt verschiedene Methoden, die Größe der Stralenbrechungen durch Beobachtung zu finden. Sind z. B. Polhöhe des Orts und Abweichung der Sonne

oder eines Sterns genau bekannt, so läst sich die Höhe der Sonne oder des Sterns für jeden Abstand vom Mittagskreise durch die Auflösung eines Kugeldreyecks berechnen. Beobachtet man nun die scheinbaren Höhen mit einem großen Quadranten, und zugleich die Abstände vom Mittagskreise durch die Zeit mittelst einer genauen Pendeluhr, so wird für eben denselben Abstand die beobachtete Höhe etwas größer seyn, als die berechnete, und der Unterschied beyder wird die Größe der Refraction für diese Höhe anzeigen.

Oder man beobachte einen Stern, Taf. XXIV. Fig. 41., der sehr nahe beym Scheitel Z in A culminirt, wo die Stralenbrechung = Null ist, so wird sich aus seinem Abstande vom Scheitel ZA und der Aequatorhöhe des Orts ZP, der Halbmesser des Tagbogens AP = Pa, und hieraus die Höhe aR finden lassen, in welcher der Stern 12 Stunden nach seiner Culmination unterhalb des Poles P durch den Mittagskreis gehen sollte. Beobachtet man nun diesen Durchgang, so wird sich die Höhe größer, etwa wie αR, finden, und der Unterschied aα wird die Größe der Refraction geben.

Ex. In Paris culminirte das α des Perseus nur sechs Minuten vom Scheitel; die Aequatorhöhe ZP ist 41° 10′, mithin AP = Pa = 41° 4′. Dies von der Polhöhe PR, oder von 48° 50′, abgezogen läst aR = 7° 46′. Man beobachtete aber αR = 7° 52′ 25″. Mithin ward die Refraction in der scheinbaren Höhe von 7° 52½′ gefunden = 6′ 25″.

Aber in Höhen über 45° werden die Stralenbrechungen so klein, daß man sich auf Beobachtung allein nicht mehr verlassen darf. Daher muste man Gesetze suchen, nach welchen die Abnahme vom Horizonte an bis ans Zenith erfolgt. Da die Krümmung der Lichtstralen in der Atmosphäre nicht viel beträgt, so nahm Cassini an, das Licht gehe in gerader Linie, wobey es so viel ist, als ob jeder Stral aus dem luftleeren Raume unmittelbar in die unterste Luftschicht übergienge (s. *Heinsius* Progr. de computo refract. astron. sub hypoth. rad. luc. instar rectæ lineæ

atmosph. trajicere. Lipſ. 1749. 4.). Dabey muß aber eine beſtimmte Höhe des Luftkreiſes angenommen werden. Caſſini fand die Berechnungen mit den Beobachtungen übereinſtimmend, wenn er dieſe Höhe auf 2000 Toiſen ſetzte. So entſtand ſeine Brechungstafel, welche die Horizontalrefraction 32′ 10″, die in 10° Grad Höhe 5′ 28″ ſetzt, und lange Zeit von den Aſtronomen gebraucht worden iſt. Viele Schriftſteller der damaligen Zeit lieſſen ſich verleiten zu glauben, die brechende Kraft der Luft erſtrecke ſich wirklich nur bis auf dieſe Höhe von 2000 Toiſen, und bleibe durch dieſen Raum überall gleich groß. Dieſer falſche Satz iſt von Caſſini ſelbſt nicht behauptet worden: es würde daraus die Ungereimtheit folgen, daß die Stralenbrechung auf den Bergen größer, als an der Meeresfläche ſeyn, und 2000 Toiſen hoch über der letztern ganz nahe am Zenith noch 32′ betragen müſte.

Bouguer fand bey ſeinem Aufenthalte in Peru die Horizontalrefraction 27′; auf dem Chimboraço aber, 2388 Toiſen über dem Meere, nur 19′ 45″. Aus dem Geſetze, nach welchem ſie abzunehmen ſchien, vermuthet de la Lande, ſie möge in einer Höhe von 5158 Toiſen über der Meeresfläche unmerklich werden. Wenn auch dieſes nicht ſtatt findet, ſo iſt doch durch Bouguers Beobachtungen erwieſen, daß ſie wirklich in den höhern Regionen abnimmt, und alſo der Weg des Lichts in der That eine krumme Linie iſt.

Auch haben ſeit Mariotte's Zeiten mehrere Mathematiker den Weg des Lichts durch den Luftkreis wirklich als eine krumme Linie betrachtet, und aus den Eigenſchaften dieſer Curve richtigere Verhältniße der Stralenbrechungen in verſchiedenen Höhen herzuleiten geſucht. Dahin gehört Newton's von Halley (Philoſ. Trans. for 1721. Num. 368. p. 169.) mitgetheilte Brechungstafel, welche die Horizontalrefraction 33′ 45″, die bey 10° Höhe 4′ 52″, die bey 75° Höhe 15″ ſetzt, ingleichen das, was Taylor (Methodus increm. p. 108.) Jacob Bernoulli (Opp. To. II. p. 1063.), Johann Bernoulli (Opp. To. III. p. 516.), Hermann (Act. Erud. Lipſ. 1706. menſ. Jun. p. 256.),

Daniel Bernoulli (Hydrodynam. p. 221.) Simpson (Mathematical Dissert. p. 46.) und zuletzt Lambert (Les proprietés remarquables de la route de la lumiere par les airs. à la Haye. 1758. 8.) über diesen Gegenstand mitgetheilt haben.

De la Hire (Mém. de Paris. 1702.) zog aus sehr vielen Beobachtungen eine neue Brechungstafel, welche die Horizontalrefraction 32′, die bey 10° Höhe 5′ 41″ bey 75° Höhe 20″ giebt, und von Bouguer (Mém. de Paris, 1739 et 1749.) noch sehr verbessert worden ist. Mit ganz vorzüglicher Sorgfalt ward diese Lehre vom Abt de la Caille (Sur les refractions astronomiques in den Mém. de Paris. 1755.) behandlet, der eine neue sinnreiche Methode fand, die Stralenbrechung durch Beobachtung zu bestimmen, indem er am Vorgebirge der guten Hofnung Sterne am Scheitel beobachtete, welche zu eben der Zeit in Paris am Horizonte gesehen wurden.

Aus Simpsons Untersuchungen der krummlinigten Bahn des Lichts folgt das Gesetz, daß sich die Brechungen in verschiedenen Höhen, wie die Tangenten der um $\frac{1}{4}\frac{1}{4}$ der Brechungen verminderten Abstände vom Zenith, verhalten. Bradley nahm im Jahre 1760 seinen Beobachtungen gemäß statt $\frac{1}{4}\frac{1}{4}$ die Zahl 3 an. Wenn dem zufolge der scheinbare Abstand vom Zenith = Z, die Brechung = ϱ gesetzt wird, so verhält sich ϱ, wie tang (Z — 3ϱ); und wenn ϱ klein ist, läst sich ohne Fehler annehmen, es verhalte sich, wie tang Z selbst, daher die Stralenbrechungen von 45° Höhe an bis ans Zenith (welche alle kleiner als 1′ sind) ziemlich genau im Verhältniße der Tangenten der Abstände vom Scheitelpunkte abnehmen. Für größere ϱ in Höhen unter 45° ist, wenn die Horizontalrefraction = h gesetzt wird

$$\text{tang}\,(90° - 3\varrho) : \text{tang}\,(Z - 3\varrho) = h : \varrho$$

Nach dieser Regel hat de la Lande eine Brechungstafel für Bradley's Beobachtungen berechnet, welche sich in der berliner Sammlung astronomischer Tafeln (III. Band. S. 228. 229.) befindet, und jetzt bey den Astronomen am meisten im Gebrauch ist. Folgendes ist ein kurzer Auszug derselben.

Digitized by Google

scheinbare Höhe	Stralenbrech.	scheinb. Höhe	Stralenbrech.	scheinb. Höhe	Stralenbrech.
Grad	′ ″	Grad	′ ″	Grad	′ ″
0	32 24	9	5 58	50	0 49
1	24 21	10	5 24	55	0 41
2	18 41	15	3 36	60	0 34
3	14 46	20	2 40	65	0 28
4	12 3	25	2 6	70	0 21
5	10 5	30	1 42	75	0 16
6	8 39	35	1 24	80	0 10
7	7 32	40	1 10	85	0 5
8	6 40	45	0 59	90	0 0

Man glaubte ehedem, die Größe der Stralenbrechung sey an verschiedenen Orten der Erdfläche ungleich. So fand **Bouguer** die Horizontalrefraction in Peru nur 27′, da sie bey uns über 32′ beträgt. Aber de la Caille hat sie auf dem Cap nur um $\frac{1}{28}$ stärker, als in Paris, und **Maupertuis** die in Lapland von der pariser gar nicht unterschieden gefunden. Im Horizonte und in geringen Höhen ist sie freylich wegen der verschiedenen Beschaffenheit der Dünste überall unbestimmt und veränderlich; daher man auch astronomischen Beobachtungen bis auf die Höhe von 10–12 Graden niemals trauet. Für größere Höhen läst sich die angeführte Tafel an allen Orten der Erde ohne große Fehler brauchen, wenn das Barometer auf 28 pariser Zoll, und das Queckſilberthermometer von 80 Graden auf 10 Grad ſtehet, für welche Beſchaffenheit der Luft die Stralenbrechungen die mittlern (refractiones mediae) genannt werden. Aus dieſem Grunde nennt man dies die **Tafel der mittlern Stralenbrechungen.**

Picard aber erkannte ſchon 1669 aus den Mittagshöhen der Sonne, daß die Refractionen im Winter und des Nachts größer, als im Sommer und bey Tage ſind. Man überſieht bald, daß dieſes von der Dichtigkeit der Luft abhängt, und es läst ſich der Lehre von der Brechung gemäß annehmen, daß die Refractionen (als ſehr kleine Winkel) al-

Digitized by Google

kemal in gleichem Verhältniße mit der Dichte der Luft selbst stehen. Da sich nun diese Dichte durch Druck, Wärme, Dünste und chymische Mischung ändert (s. Luft Th. III. S. 17.), so müste man eigentlich, um genaue Bestimmungen der Refractionen zu erhalten, auf alle diese Umstände sehen. Weil aber die Wirkungen der Dünste und der Mischung nicht zuverläßig auszumachen sind (a. a. O. S. 21 u. f.), so begnügt man sich inzwischen, auf Druck und Wärme allein, d. i. nur auf den Stand des Barometers und Thermometers Rücksicht zu nehmen.

Was das Barometer betrift, so müssen sich die mittlern Stralenbrechungen (welche für 28 Zoll oder 336 Lin. Barometerstand gelten) für 1 Lin. Aenderung um $\frac{1}{336}$ oder fast um $\frac{1}{1000}$ ihrer Größe ändern. Setzt man also die Dichte der Luft bey 336 Lin. = 1; so wird sie bey 336 $\pm$ b Lin. $1 \pm \frac{3b}{1000}$ seyn, und die mittlere Refraction ϱ wird sich in $\varrho\left(1 \pm \frac{3b}{1000}\right)$ verwandlen. Mayer fand aus Beobachtungen die Veränderung $= \frac{1}{112}$ des Ganzen, wenn sich der Barometerstand um 15 Lin. änderte, oder wenn b = 15 war, welches mit der Formel gut übereinstimmt.

In Absicht des Thermometers kömmt hier die Wirkung der Wärme auf die Federkraft der Luft in Betrachtung, worüber die Resultate aus den Erfahrungen sehr verschieden ausgefallen sind, s. Luft (Th. III. S. 19. 20). Nach de Luc ändert sich bey 10 Grad Temperatur nach Reaumür die specifische Federkraft der Luft für jeden Grad Aenderung des Thermometers um $\frac{1}{208\frac{1}{4}}$, s. Höhenmessung (Th. II. S. 633.). Dem gemäß sollten die mittlern Stralenbrechungen etwa um $\frac{a}{208{,}25}$ größer werden, wenn das Thermometer von 10 Grad der reaumürischen Scale aus um a Grad herabfiele, und um eben so viel kleiner,

scheinbare Höhe	Stralenbrech.	scheinb. Höhe	Stralenbrech.	scheinb. Höhe	Stralenbrech.
Grad	′ ″	Grad	′ ″	Grad	′ ″
0	32 24	9	5 58	50	0 49
1	24 21	10	5 24	55	0 41
2	18 41	15	3 36	60	0 34
3	14 46	20	2 40	65	0 28
4	12 3	25	2 6	70	0 21
5	10 5	30	1 42	75	0 16
6	8 39	35	1 24	80	0 10
7	7 32	40	1 10	85	0 5
8	6 40	45	0 59	90	0 0

Man glaubte ehedem, die Größe der Stralenbrechung sey an verschiedenen Orten der Erdfläche ungleich. So fand **Bouguer** die Horizontalrefraction in Peru nur 27′, da sie bey uns über 32′ beträgt. Aber **de la Caille** hat sie auf dem Cap nur um $\frac{1}{40}$ stärker, als in Paris, und **Maupertuis** die in Lapland von der pariser gar nicht unterschieden gefunden. Im Horizonte und in geringen Höhen ist sie freylich wegen der verschiedenen Beschaffenheit der Dünste überall unbestimmt und veränderlich; daher man auch astronomischen Beobachtungen bis auf die Höhe von 10–12 Graden niemals trauet. Für größere Höhen läst sich die angeführte Tafel an allen Orten der Erde ohne große Fehler brauchen, wenn das Barometer auf 28 pariser Zoll, und das Queckſilberthermometer von 80 Graden auf 10 Grad stehet, für welche Beschaffenheit der Luft die Stralenbrechungen die mittlern (refractiones mediae) genannt werden. Aus diesem Grunde nennt man dies die **Tafel der mittlern Stralenbrechungen.**

Picard aber erkannte schon 1669 aus den Mittagshöhen der Sonne, daß die Refractionen im Winter und des Nachts größer, als im Sommer und bey Tage sind. Man übersieht bald, daß dieses von der Dichtigkeit der Luft abhängt, und es läst sich der Lehre von der Brechung gemäß annehmen, daß die Refractionen (als sehr kleine Winkel) al-

kemal in gleichem Verhältniße mit der Dichte der Luft selbst stehen. Da sich nun diese Dichte durch Druck, Wärme, Dünste und chymische Mischung ändert (s. Luft Th. III. S. 17.), so müste man eigentlich, um genaue Bestimmungen der Refractionen zu erhalten, auf alle diese Umstände sehen. Weil aber die Wirkungen der Dünste und der Mischung nicht zuverläßig auszumachen sind (a. a. O. S. 21 u. f.), so begnügt man sich inzwischen, auf Druck und Wärme allein, d. i. nur auf den Stand des Barometers und Thermometers Rücksicht zu nehmen.

Was das Barometer betrift, so müssen sich die mittlern Stralenbrechungen (welche für 28 Zoll oder 336 Lin. Barometerstand gelten) für 1 Lin. Aenderung um $\frac{1}{336}$ oder fast um $\frac{1}{1000}$ ihrer Größe ändern. Setzt man also die Dichte der Luft bey 336 Lin. = 1; so wird sie bey $336 \pm b$ Lin. $1 \pm \frac{3b}{1000}$ seyn, und die mittlere Refraction ϱ wird sich in

$$\varrho \left(1 \pm \frac{3b}{1000}\right)$$

verwandlen. Mayer fand aus Beobachtungen die Veränderung $= \frac{1}{112}$ des Ganzen, wenn sich der Barometerstand um 15 Lin. änderte, oder wenn $b = 15$ war, welches mit der Formel gut übereinstimmt.

In Absicht des Thermometers kömmt hier die Wirkung der Wärme auf die Federkraft der Luft in Betrachtung, worüber die Resultate aus den Erfahrungen sehr verschieden ausgefallen sind, s. Luft (Th. III. S. 19. 20). Nach de Luc ändert sich bey 10 Grad Temperatur nach Reaumür die specifische Federkraft der Luft für jeden Grad Aenderung des Thermometers um $\frac{1}{208\frac{1}{4}}$, s. Höhenmessung (Th. II. S. 633.). Dem gemäß sollten die mittlern Stralenbrechungen etwa um $\frac{a}{208{,}25}$ größer werden, wenn das Thermometer von 10 Grad der reaumürischen Scale aus um a Grad herabfiele, und um eben so viel kleiner,

Digitized by Google

wenn es um a Grad stiege. Dadurch würde ϱ in

$$\varrho \cdot \left(1 + \frac{a}{208\frac{1}{4}}\right)$$

verwandlet. Aber jedes andere Ausdehnungsverhältniß der Luft giebt einen andern Divisor in der Formel.

Mayer, der bey seinen Beobachtungen mit dem göttingischen Mauerquadranten eine vorzügliche Absicht auf die Stralenbrechungen richtete, fand die Aenderungen der Refraction den Aenderungen des Thermometers proportional, und gab 1753 folgende mit allgemeinem Beyfall aufgenommene Regel an: **Die mittlere Stralenbrechung für 28 Zoll Barometerhöhe und 10 Grad Wärme verändert sich bey 15 Lin. Veränderung des Barometers, und bey 10 Grad Veränderung des reaumurischen Thermometers, um den 22sten Theil ihrer Größe.** Diese Regel giebt für 1 Grad des Thermometers $\frac{1}{220}$; also den Divisor des a in der obigen Formel = 220.

Herr de Lüc (Unters. über die Atmosph. Th. II. S. 836.) gedenkt der Mayerischen Regel mit dem Zusatze, sie schreibe eine Berichtigung vor, die sich zu der seinigen (s. **Höhenmessung**, Th. II. S. 625.) wie $\frac{1}{511}$ zu $\frac{1}{500}$ verhalte. Dieser Vergleichung fehlt es an Richtigkeit. Nemlich Mayers Berichtigung für 1 Grad des delücschen Thermometers beträgt $\frac{1}{511}$ derjenigen Brechung, welche die Luft bey 10 Grad Wärme verursacht: de Lüc's hingegen $\frac{1}{500}$ der Höhe, welche bey $16\frac{3}{4}$ Grad Wärme statt findet. Also beziehen sich diese beyden Brüche nicht auf einerley Einheit, und können nicht unmittelbar verglichen werden. Beyde Berichtigungen auf einerley Normaltemperatur reducirt, verhalten sich vielmehr, wie $\frac{1}{220}$ zu $\frac{1}{208\frac{1}{4}}$, oder wie $\frac{1}{511}$ zu $\frac{1}{484}$, und scheinen also weit stärker von einander abzuweichen, als Herr de Luc angiebt.

Er setzt aber hinzu, Mayer habe vielleicht ein eigentliches reaumürisches Thermometer gebraucht, dessen Grade

Digitized by Google

ein wenig kleiner sind, als die Grade der gewöhnlichen Theilung in 80 (s. Thermometer), und wenn dem so sey, so treffe die mayerische Angabe mit der seinigen noch näher zusammen. Diese Vermuthung hat sich auch in der That, zwar nicht ganz, doch einigermaßen bestätiget. Herr Hofrath **Lichtenberg** (*Tob. Mayeri* Opera inedita, cura *G. C. Lichtenbergii*. Vol. I. p. 90.) erzählt, Mayers 1755 verfertigtes Thermometer, das jetzt Herr **Kästner** besitze, habe beym Siedpunkte nicht 80, sondern $82\frac{1}{4}$ Grad. Dem gemäß verhält sich ein Grad der gewöhnlichen Scale zu einem der mayerischen, wie 82, 5 : 80 = 33 : 32, und da Mayer die Berichtigung für einen seiner Grade $= \frac{1}{220}$ setzt, so macht ebendieselbe für einen gewöhnlichen Grad $\frac{33}{32.220} = \frac{1}{213\frac{1}{3}}$ aus. In der That verhalten sich also Mayers und de Lücs Berichtigungen, wie $\frac{1}{213\frac{1}{3}}$ zu $\frac{1}{208\frac{1}{4}}$, oder, wie $\frac{1}{4\,5\,6}$ zu $\frac{1}{4\,8\,4}$. (Daß Mayers Regel für 1 Grad des delücschen Thermometers, bey 10 reaum. Grad Wärme eine Aenderung von $\frac{1}{4\,5\,6}$ gebe, findet auch Herr **Lichtenberg** selbst a. a. O.). Diese nahe Uebereinstimmung mit **Mayer** empfiehlt die delücschen Angaben nicht wenig *).

*) Hätte Herr **Kramp** (s. Höhenmessung Th. II. S. 633.) diese Einrichtung der Scale an Mayers Thermometer in Betrachtung gezogen, so hätte er statt des dortigen $1 + \frac{r}{210}$ vielmehr $1 + \frac{r}{203\frac{1}{3}}$ erhalten, und würde sich nicht bewogen gefunden haben, von de **Lücs** $1 + \frac{r}{198\frac{1}{4}}$ so weit abzugehen. Dann wäre seine Tafel über die Größe der Subtangente oder der Federkraft anders ausgefallen, auch fänden sich statt der Zahlen, die in der 6ten Zeile meiner Tabelle beym Worte **Luft** (Th. III. S. 20.) stehen, folgende

1000 ; 1393 ; 2, 183

welche von de **Lücs** Zahlen gar nicht weit abweichen.

De la Caille (Mém. de Paris. 1755.) billigt zwar Mayers allgemeinen Satz, daß die Aenderungen der Refraction und des Thermometers proportional sind, findet aber aus seinen Beobachtungen die Veränderung für 10 Grad nur $\frac{1}{27}$, so daß der Divisor des a hier = 270 seyn würde. Jetzt wird Mayers Bestimmung von den meisten angenommen, freylich aber so verstanden, als bezöge sie sich auf die Scale von 80 Graden, wobey der Divisor 220 ist. Verbindet man nun beyde Berichtigungen, so ist, wenn das Barometer auf 336 + b pariser Lin., das Quecksilberthermometer von 80 Graden auf 10 + a Grad steht, die Refraction

$$\odot.)\quad R = \varrho\left(1 + \frac{3b}{1000}\right)\cdot\left(1 - \frac{a}{220}\right).$$

Es ist aber noch nöthig, diese Formel nach einer strenger Theorie zu betrachten, wobey man zum Grunde legt, die Refraction verhalte sich, wie die Dichte der Luft. Nun ist, nach dem Art. Höhenmessung (Th. II. S. 611.) die Dichte der Luft gleich dem dortigen $m = \frac{f}{c}$, wo f die Barometerhöhe, c die Subtangente der logarithmischen Linie oder die specifische Federkraft der Luft bedeutet. Setzt man also für die mittlere Scalenbrechung ϱ (wo das Barometer auf 336 Lin. steht, und die Subtangente = C heissen mag) die Dichte $= \frac{336}{C}$; hingegen für die Refraction R beym Barometerstand f und der Subtangente c, die Dichte $= \frac{f}{c}$, so ist $\varrho : R = \frac{336}{C} : \frac{f}{c}$, woraus folgt

$$R = \varrho \cdot \frac{f}{336} \cdot \frac{C}{c}.$$

Man findet ferner beym Worte Höhenmessung (Th. II. S. 633.), daß sich die Subtangente für r Grade des reaumürischen Thermometers (nach Mayers Angabe) wie 210 + r verhält. Also ist (weil r = 10 für die Subtangente C) C : c = 220 : 210 + r. Daher

$$\text{Refract. } R = \varrho \cdot \frac{f}{336} \cdot \frac{220}{210+r}.$$

z. B. wäre $f = 26''\ 6''' = 318'''$; $r = 30$ Grad, so hätte man die mittlere Stralenbrechung mit $\frac{318}{336} \cdot \frac{220}{240} = 0,87$ zu multipliciren.

Um dies mit ⊙.) zu vergleichen, setze man, wie dort, $f = 336 + b$; $r = 10 + a$, so erhält man

$$R = \varrho \cdot \left(1 + \frac{b}{336}\right) \cdot \frac{220}{220+a}$$

und, wenn man den Nenner bey b in 1000 verwandlet, im letzten Factor aber die Division wirklich anstellt,

$$\text{(C.) } R = \varrho \left(1 + \frac{3b}{1000}\right) \cdot \left(1 - \frac{a}{220+a}\right).$$

Man sieht nun aus der Vergleichung von ⊙.) und (C.), daß die beyden Sätze: die Aenderungen der Refraction durch die Wärme seyen den Aenderungen des Thermometers proportional, und: die Refraction verhalte sich, wie die Dichte der Luft, nicht zugleich mit einander bestehen können. Der erste gäbe wegen der Wärme die Berichtigung $\frac{a}{220}$; der zweyte giebt die $\frac{a}{220+a}$, welches nur einerley seyn kan, wenn man sich verstatten darf a als unbeträchtlich gegen 220 anzusehen. Der letztere Satz ist doch wohl den Gründen der Naturlehre angemessener; auch berechnen die Astronomen ihre Brechungstabellen sämmtlich nach der auf ihn gegründeten Formel (C.).

Statt der Zahl 220 wäre $213\frac{1}{4}$ zu setzen, wenn man auf die Eintheilung von Mayers Thermometerscale gehörige Rücksicht nähme; nach de Lüc's aus den Höhenmessungen gezognen Resultaten müste $208\frac{1}{4}$, nach de la Caille 270 gesetzt werden. Daß man für Barometerstände unter 28 Zoll, und Thermometerstände unter 10 Grad, b und a negativ zu nehmen hat, fällt von selbst in die Augen.

Tafeln über den gesammten Werth der in ϱ zu multiplicirenden Zahl für den Stand des Barometers von 2 zu 2 Lin. und des Thermometers von Grad zu Grad findet

Digitized by Google

man nach (C.) berechnet aus de la Lande in der berliner Sammlung aſtronomiſcher Tafeln (B. III. S. 230. 231.) unter der Aufſchrift: Tafel für die Dichtigkeit der Luft. Die aſtronomiſchen Jahrbücher enthalten ähnliche Tafeln, welche theils aus voriger ausgezogen, theils nach andern Angaben berechnet ſind. De la Lande (Expoſition du calcul aſtron. Paris, 1762. 8. p. 251. 252.) hat auch eine Brechungstafel nach de la Caille, wo die Berichtigung wegen der Wärme für 1 reaum. Grad = $\frac{1}{210}$ angenommen iſt.

Genauere theoretiſche Unterſuchungen über den Einfluß der Federkraft und Wärme der Luft auf die Stralenbrechung haben Euler (Mem. de Berlin. 1754. p. 131.) und de la Grange (Nouv. Mem. de Berlin. 1772. p. 259.) angeſtellt.

Ich habe zum Schluß dieſes Artikels noch einige Wirkungen der aſtronomiſchen Stralenbrechung anzuführen. Die vornehmſte iſt, daß ſie alle Höhen der Geſtirne vergrößert, daher man von jeder beobachteten ſcheinbaren Höhe erſt die ihr zugehörige Größe der Stralenbrechung abziehen muß, um die wahre Höhe zu finden.

Die Stralenbrechung zeigt die aufgehenden Geſtirne ſchon im Horizonte, wenn ſie eigentlich noch darunter ſtehen, und erhält eben ſo die ſchon untergegangnen noch eine Zeit lang ſichtbar. Sie verlängert daher die Dauer ihrer Sichtbarkeit. Da die Horizontalrefraction etwa 32′ beträgt, und die Durchmeſſer der Sonne und des Monds faſt eben ſo groß ſind, ſo macht dieſe Verlängerung ſowohl früh als Abends ſo viel Zeit aus, als der Durchmeſſer dieſer Geſtirne Zeit braucht, ſich durch den Horizont zu ſchieben. Nach Herrn Käſtner (Aſtron. Abhandl. I. Samml. Göttingen, 1772. 8. S. 410.) beträgt dies bey der Sonne in unſern Gegenden

für den Aequinoctialtag 3 Min. 37 Sec.
für den längſten Tag 4 Min. 15 Sec.
für den kürzeſten . . 4 Min. 34 Sec.

daß alſo die Dauer unſers längſten Tages durch die Stralenbrechung noch um 8½ Min. vergrößert wird.

Digitized by Google

Innerhalb der kalten Zonen wird der perpetuelle Tag, welcher daſelbſt im Sommer ſtatt findet, durch die Horizontalrefraction beträchtlich verlängert, zumal da dieſe wegen der kalten und dichten Luft dort ſehr ſtark iſt. Die Niederländer, welche 1597 mit Hemskerk und Wilhelm Barentß in Novazembla unter 76° Breite überwinterten, ſahen den Rand der Sonne ſchon am 24 Jan. wieder, da ſie ihn der Rechnung nach ohne die Brechung erſt am 10ten Febr. hätten ſehen können. Aus dieſem ſchon von Kepler (Paralip. ad Vitell. p. 138.) angeführten Beyſpiele folgt die dortige Horizontalrefraction = $4\frac{1}{2}$ Grad, faſt 9mal größer, als ſie ſonſt die Beobachtungen geben, welches unglaublich ſcheint. Herr Käſtner (Anmerk. zu Luloſs Kenntniß der Erdkugel §. 466.) zeigt aber aus einer holländiſchen Sammlung von Reiſebeſchreibungen, welche 1646 herausgekommen iſt, daß in der Nachricht von Barentß dritter Schiffarth wirklich die obenerwähnten Tage angegeben ſind.

Schon um die Grenzen der kalten Zone, wo es eigentlich noch keinen beſtändigen Tag geben ſollte, wird doch die Sonne am längſten Tage durch die Brechung ganz über dem Horizonte erhalten. Dieſes merkwürdige Phänomen ſahe König Carl XI. am 14 Jun. a. St. 1694 zu Torneå, und ließ es im folgenden Jahre durch ſeine Mathematiker Bilemberg und Spole genauer beobachten (Refractio Solis inoccidui iuſſu Caroli XI. circa ſolſtitium aeſtivum 1695 obſervata ſ. Act. Erud. Lipſ. 1697. Febr. p. 91.). Auch dieſe Beobachter geben die Brechung ungewöhnlich groß (über zween Durchmeſſer der Sonnenſcheibe) an.

Von der Brechung rührt es her, daß man bey Mondfinſterniſſen oft Sonne und Mond beyde zugleich über dem Horizonte ſieht, ob ſie ſchon in der That einander dem Durchmeſſer nach gegenüber ſtehen müſſen. Plinius führt dies als etwas wunderbares an (Mirum, quanam ratione, cum ſolis exortu umbra illa hebetatrix ſub terra eſſe debeat, ſemel iam acciderit, ut in occaſu luna deficeret; *utroque ſuper terram conſpicuo ſidere.* H. N. II. 13.)

Digitized by Google

Der Sonne und dem Monde giebt die Stralenbrechung am Horizonte eine ovale Gestalt. Sie erhebt nemlich den untern Rand mehr, als den obern, und verkürzt dadurch den vertikalen Durchmesser, indem der horizontale, dessen beyde Enden gleich hoch stehen, ungeändert bleibt.

Endlich hat auch die Brechung des Lichts in der Atmosphäre auf die scheinbaren Orte irdischer Höhen, mithin auf die geometrische Höhenmessung, Einfluß. Diesen Gegenstand haben **Mayer** (De refractionibus obiectorum terrestr. Gott. 1751.) und **Lambert** (Proprietés de la route de la lum. p. 87. sqq.) untersucht. Der letztere bedient sich des Vortheils, den Weg des Lichtstrals als einen Kreisbogen anzusehen, dessen Halbmesser 7mal größer ist, als der Halbmesser der Erde. Er zeigt in einer Tabelle, wie viel man von der scheinbaren Höhe eines Berges abziehen müsse, wenn die Entfernung desselben bekannt ist. In einer Entfernung von 21388 Toisen z. B. muß man die Höhe um 10 Toisen vermindern; die Verminderungen in andern Weiten verhalten sich, wie die Quadrate der Weiten. **Lambert** berichtigte auf diese Art die Höhen einiger von **Cassini** gemessenen Berge, und fand sie nun mit den barometrischen Höhenmessungen in vortreflicher Uebereinstimmung. Man muß aber hiebey auch die Veränderung wegen der Dichte und Wärme (und wegen der Dünste am Horizonte) in Betrachtung ziehen, welche so stark ist, daß **Nettleton** (Philos. Trans. 1725. Num. 388. p. 308.) die scheinbare Höhe ebendesselben Hügels, aus seinem Hause gesehen, an einem Tage um 30 Min. größer, als am andern, fand. So unzuverläßig sind die Messungen von Höhen, die man von fern unter kleinen Winkeln sieht.

Käſtner Anfangsgr. der Astron. Göttingen, 1781. 8. §. 136. u. f.

de la **Lande** astron. Handbuch, a. d. frz. Leipzig, 1775. gr. 8. Sechstes Buch, S. 475. u. f.

Röhl Einleit. in die astron. Wissensch. Greifsw. 1768. 8. §. 100. u. f.

de **Lüc** Unters. über die Atmosphäre, a. d. frz. II. Theil. Leipz. 1778. gr. 8. Fünfte Abth. Cap. 3. S. 384 u. f.

Digitized by Google

Stralenbüschel, elektrische, Lichtbüschel, Feuerbüschel, Stralenpinsel, Penicilli electrici, *Aigrettes électriques.* So nennt man eine Erscheinung, welche sich im Dunkeln an elektrisirten Spitzen zeigt. Es strömt nemlich aus denselben ein Licht hervor, das sich in Gestalt eines Kegels ausbreitet, und gleichsam einen Pinsel oder Büschel bildet. Dieses Licht ist vorzüglich stark, wenn die Spitze einem positiv elektrisirten Leiter zugehört, d. i. wenn sie + E abgiebt oder — E annimmt. Bey starken Stralenbüscheln ist das Hervorbrechen dieses Lichts mit einem Zischen begleitet; die ausgehende Elektricität ist als ein Blasen fühlbar, verbreitet einen phosphorischen Geruch, und erregt einigen sauren Geschmack auf der Zunge. Man kan also kaum zweifeln, daß diese Stralenbüschel von dem Hervordringen der Elektricität, besonders des + E, herrühren, welches aus Spitzen vorzüglich häufig ausströmt, weil sie so leicht mittheilen, s. **Spitzen.**

Negativ elektrisirte Spitzen, welche — E abgeben oder + E annehmen, zeigen im Dunkeln ein schwächeres Licht, das mehr einem **Sterne** oder **leuchtenden Punkte** ähnlich ist. Da man aber auch hiebey das Blasen fühlt, und das elektrische Rad von solchen Spitzen nach eben der Richtung umgetrieben wird (s. **Rad, elektrisches**), so mögen diese Sterne des — E vielleicht nichts anders, als kleinere Stralenbüschel, seyn. Die Franklinisten, welche nur ein E annehmen, halten die Sterne für Kennzeichen des **Eindringens** in die Spitze. **Nollet** glaubte durchs Mikroskop gesehen zu haben, daß der Stern ein kleiner Stralenbüschel sey; es mangelt aber darüber an deutlich entscheidenden Erfahrungen.

Die elektrischen Stralenbüschel aus Leitern wurden zuerst von **Gray** (Philos. Trans. Vol. XXXIX. num. 436. p. 16. sqq.) wahrgenommen; dieser fand zugleich, daß sie nach ihrem Verschwinden aufs neue wiederkamen, wenn man die flache Hand oder einen andern platten Leiter gegen die Spitze brachte. Aehnliche Lichtpinsel schießen selbst aus Nicht-leitern an manchen Stellen hervor, wenn dieselben stark gerieben werden, z. B. aus den Glaskugeln und

Digitized by Google

Cylindern der Elektrisirmaschine. Dieses bemerkte Miles zuerst an geriebnen Glasröhren, und nannte es elektrisches Wetterleuchten (coruscations of light. Philos. Trans. 1745. Vol. XLIV. num. 475. p. 290.), weil diese Büschel augenblicklich verschwinden und wiederkommen. Nollet nahm sie seiner Hypothese gemäß für die Ausflüße der elektrischen Materie an, welche, wie er behauptet, allezeit nur an einigen Stellen des Körpers statt finden, s. Elektricität (Th. I. S. 757). Diese Büschel (*Aigrettes*) spielen in seinem System eine große Rolle.

Die ersten Franklinisten, vorzüglich Beccaria und Wilke, bestimmten den Unterschied der Büschel und Sterne an den Spitzen genauer, und sahen die Sterne als eindringendes Licht an. Wilke wollte sogar bemerkt haben, ein solcher Stern bestehe aus lauter kleinen Kegelchen, deren Grundflächen auf dem Körper lägen. Dieser Unterschied wird im franklinischen System als ein großer Entscheidungsgrund angesehen; er ist aber zu zweydeutig, um die Richtung der Materie daraus zu bestimmen, s. Elektricität (Th. I. S. 764. 765.), Leidner Vacuum, Leiter, leuchtender. Inzwischen sind die Versuche hierüber sehr angenehm (s. Adams Versuch über die Elektricität, aus dem engl. Leipzig, 1785. gr. 8. Cap. 6. S. 61. u. f.)

Beccaria nimmt an, der Stern bilde sich durch die Schwierigkeit, welche die elektrische Materie antrift, sich aus der Luft, als einem Nicht-leiter, loszuwickeln; werde z. B. ein spitziger Drath gegen ein + E gehalten, so theile der Körper sein + E der Luft mit, und der Drath müsse es erst aus dieser bekommen. Der Stralenbüschel hingegen entstehe durch die Gewalt, mit der das E durch die Luft hindurch auf die entferntern Lufttheile zuströme, und dabey die anliegenden Lufttheilchen zertheile. In der Hypothese von zwoen Elektricitäten erklärt man alles daraus, daß sich − E schwerer mittheile, als + E. Auch möchte ich die Entstehung des Stralenbüschels lieber davon herleiten, weil sich theils das ausgehende + E nach den allerwärts in der Luft

Digitized by Google

herumschwebenden leitenden Theilchen ausbreitet, theils aber auch seine eignen Theile, als gleichartige E. einander abstoßen.

Uebrigens haben starke Stralenbüschel das merkwürdige, daß sie durch Licht, Geräusch, Blasen, Phosphorusgeruch und säuerlichen Geschmack auf alle Sinne wirken. Daher ist auch wohl kein Physiker abgeneigt, eigne elektrische Materie anzunehmen, und die Stralenbüschel für ein Ausströmen derselben zu halten. Dennoch ist dieser Beweiß des Daseyns elektrischer Materie nicht ganz apodiktisch, weil das, was so merklich in die Sinne fällt, immer noch von andern gröbern Materien herrühren könnte, die durch eine Kraft in Bewegung gesetzt würden.

Priestley Geschichte der Elektricität, durch Krünitz, an mehrern Stellen.

Cavallo vollst. Abhandl. von der Elektric. Dritte Aufl. Leipzig, 1785. 8. S. 156. u. f.

Stralenkegel, optischer, Lichtkegel, Conus a radiis opticis formatus, Conus luminosus, *Pinceau optique*. Jeder sichtbare Punkt eines Körpers sendet nach allen Richtungen Licht oder Lichtstralen aus, die immer weiter auseinander gehen, s. Licht. Der Theil dieses Lichts, der auf eine runde Fläche, z. B. auf die Oefnung des Augensterns, auf ein Linsenglas, auf einen Hohlspiegel, fällt, bildet einen **optischen Stralenkegel**, von dem der sichtbare Punkt die Spitze, die Fläche selbst, die das Licht auffängt, die Grundfläche ausmacht. Ist die auffangende Fläche eine geradlinigte Figur, so wird statt des Kegels eine **Stralenpyramide** gebildet.

Ist der leuchtende oder sichtbare Punkt von der auffangenden Fläche sehr entfernt, z. B. 206264 mal weiter, als der Durchmesser der Fläche groß ist, so lassen sich alle auf die Fläche fallende Stralen für parallel annehmen, ob sie gleich in der That aus einerley Punkte herkommen, s. **Parallelstralen**. In diesem Falle hat man statt des Kegels einen **Stralencylinder**, statt der Pyramide ein **Stralenprisma**.

Digitized by Google

Wenn solche Stralenkegel u. s. w. durch Linsengläser gebrochen oder von Spiegeln zurückgeworfen werden, so nehmen die vorigen Stralen andere Richtungen, und bilden nach der Brechung oder Zurückwerfung neue Kegel, die ihre Spitzen an andern Orten, als die vorigen, haben. Ein solcher heißt ein **gebrochner** oder **zurückgeworfener Stralenkegel** (conus refractus s. reflexus). So bilden Taf. XXII. Fig. 15. die aus C auf die Spiegelfläche GE fallenden Lichtstralen den Kegel CGE, und werden vom Spiegel so reflectirt, daß sie nachher in dem Kegelstück GEKH enthalten sind. Dieses gehört dem zurückgeworfenen Stralenkegel IKH zu, der seine Spitze in I hat.

Barrow nahm an, das Auge sehe das Bild eines jeden Punktes in der Spitze des von ihm auf den Augenstern kommenden Stralenkegels, s. **Bild.**

Ströme. s. **Flüße.**

Ströme flüßiger Materien, Motus progressivi corporum fluidorum, Flumina, Fluxus, *Courants, Torrents.* Oft wird in der Physik unter dem Namen **Strom** überhaupt die Bewegung einer Menge flüßiger Materie verstanden, welche zusammen nach einerley Richtung fortgeht. So bildet das Wasser nicht nur in den Flüßen, besonders in der Mitte derselben, sondern auch im Meere **Ströme,** welche eine Menge Wasser geradlinigt fortführen, indem das umliegende ruhig bleibt, oder nach andern Richtungen geht, s. **Meer** (Th. III. S. 184.) Diese Meerströme kommen zum Theil von beständigen Winden, theils aber auch von der Ebbe und Fluth verbunden mit der Lage der Flüße, Inseln, Meerbusen, Meerengen ꝛc. ingleichen der Beschaffenheit des Meergrundes her. Aehnliche Bewegungen der Luft heissen **Luftströme** *(Courants d'air).* Viele Physiker lassen angenommene Materien in gewissen Richtungen um die Erde, oder um die Körper gehen, um gewisse Phänomene daraus zu erklären. Dahin gehören die Cartesianischen Wirbel, **Johann Bernoulli's Centralstrom** *(torrent central)* zu Erklärung der Schwere, s. **Schwere** (Th. III. S. 899.), **Mollets**

ein- und ausfahrende elektrische Ströme oder gleichzeitige Ab- und Zuflüße, die magnetischen Wirbel u. a. m.

Strudel, Wasserwirbel, Gurges, Vorago, Vortex, *Gouffre.* Die Strudel sind kreis- oder spiralförmige Bewegungen des Wassers, die durch den Stoß der Ströme an Klippen, durch Zusammentreffen zweener entgegengesetzten Ströme, durch Ebbe und Fluth, Herabstürzen des Wassers in tiefe Schlünde, und andere locale Ursachen veranlasset werden. In den Flüssen bilden sich oft kleine Wirbel an den Pfeilern und Bogen der Brücken, zwischen den Inseln, an den Krümmungen der Ufer, oder auch an Stellen, wo im Grunde des Flußbettes tiefe Löcher sind.

Im Meere sind die Strudel wegen der Gefahr, die sie den Schiffern bringen, merkwürdiger. Bey den Alten war der chalcidische Euripus zwischen den Küsten von Böotien und der Insel Euböa (Negroponte) berühmt, den aber Strabo (L. IX.), Mela (II. 7.) und Livius (XXIII. 6.) sehr verschieden beschreiben. Daß Aristoteles sich ins Meer gestürzt habe, weil er diesen Wirbel nicht erklären können, ist eine Fabel. Der Jesuit Babin (Philos. Trans. num. 71. p. 2153.), welcher zwey Jahr zu Negroponte gewohnt hatte, erzählt, daß unter den 29 Tagen jedes Mondwechsels 20 sind, an denen das Meer daselbst eine ordentliche Ebbe und Fluth hat, daß aber vom 9ten bis zum 13ten, ingleichen vom 21sten bis zum 26sten Tage jedes Monats, die Ebbe und Fluth alle 24 Stunden zwölf bis 14 mal abwechselt. Hiezu gehört auch die berüchtigte Charybdis zwischen Neapel und Sicilien, jetzt Cap Faro, von welcher die Alten erzählen, daß sie das Wasser täglich einigemal abwechselnd einschlucke und wieder auswerfe. Doch ist dieser Wirbel nur schwach. Kircher (Mund. Subterr. To. I. p. 97.) erzählt, der Taucher Cola Pesce habe die Charybdis untersucht, und nicht allein einen vom Grunde heraufkommenden Strom mit vielen Klippen und Unebenheiten, sondern auch eine Tiefe gefunden, die ihn in die dickste Finsterniß verhüllt habe.

Digitized by Google

Der berühmteste Strudel ist der sogenannte **Mal-** oder **Moskestrom** unter 68° Breite an der norwegischen Küste. Man hatte von ihm sehr ungegründete Gerüchte verbreitet, und Kircher glaubte, es sey hier ein Schlund, der mit dem bothnischen Meerbusen zusammenhänge. Nach den glaubwürdigern Beschreibungen von **Scheldcrur** (Schwed. Abhandl. v. 1750. der deutsch. Uebers. XII. B. S. 177 u. f.) und **Bergmann** wird dieser Strudel durch die Ebbe und Fluth veranlasset, gegen welche der Queere nach ein Meerstrom anstößt, der zwischen den sogenannten Lofodden, einer nach Südsüdost gestreckten Reihe von 6 Inseln, hindurchgeht. Diesen Strom lenkt die Ebbe und Fluth so um, daß er 6 Stunden gegen Süden, 6 Stunden gegen Norden gewendet wird. Wenn die Bewegungen der Ebbe und Fluth dem Strome am meisten entgegengesetzt sind, so entsteht ein Wirbel, gleich einem umgekehrten hohlen Kegel, dessen Axe über 2 Klaftern oder Faden beträgt; es wird aber in ihm nichts zermalmet oder verschlungen, vielmehr giebt es darin die besten Fische. Bey voller Fluth, und bey ganz niedriger See ist das Wasser so ruhig, daß man selbst in der Meerenge, zwischen den Lofodden und der Klippe Moske, fischen kan. Die gröste Gefahr verursacht der Fall des Wassers und die Menge der blinden Klippen, daher sich die Schiffer dem Strudel ostwärts auf eine, und westwärts auf 5–6 schwedische Seemeilen nicht nähern. Wenn das Meer in der halben Fluth steht, und das Wasser nach Norden geht, hat der Strom seinen Lauf nach Süden. Je mehr die Fluth wächst, desto mehr beugt sich zuerst der südliche Theil desselben, und so nach und nach das übrige gegen Südwesten, Westen, Nordwesten, und endlich gegen Norden. Wenn aber das Meer halb gefallen ist, steht er ein wenig still, und wendet sich dann zurück gegen Nordwesten, Westen, Südwesten und zuletzt gegen Süden so, daß er innerhalb 12 Stunden diese ganze Helfte des Compasses einmal durch und wieder zurückläuft. **Bergmann** führt noch einige kleinere Strudel in der Nordsee an, welche bey ruhiger See wenig gefährlich sind.

Digitized by Google

Lulofs Einl. zur Kenntniß der Erdkugel, durch Käſtner. §. 324. S. 278.

Bergmanns phyſikal. Beſchreibung der Erdkugel, durch Röhl. I. Band. S. 378. u. f.

Stürme, ſ. Winde.

Stunde, ſ. Sternzeit, Sonnenzeit.

Stundenkreis, Circulus horarius, *Cercle horaire*. Jeder gröſte Kreis der unbeweglichen Himmelskugel, welcher durch beyde Pole geht, mithin den Aequator ſenkrecht ſchneidet, heißt ein Stundenkreis. So ſind Taf. XXIV. Fig. 42. alle durch P und p gezogene Kreiſe Stundenkreiſe.

Wenn ein Geſtirn in S ſteht, ſo iſt der Stundenkreis, in welchem es ſich in dieſem Augenblicke befindet, PSDp, zugleich ſein Abweichungskreis, ſ. Abweichungskreis. Aber indem das Geſtirn S durch die tägliche Bewegung in dem Tagkreiſe GF herumgeführt wird, tritt es alle Augenblicke in einen andern Stundenkreis. Daher ſind Abweichungskreiſe und Stundenkreiſe einerley, nur daß jene zur beweglichen, dieſe zur unbeweglichen Himmelskugel gehören. Der Abweichungskreis des Geſtirns S coincidirt binnen 24 Stunden nach und nach mit allen möglichen Stundenkreiſen.

Man kan ſich zwar unzählbare Stundenkreiſe, nemlich durch jeden Punkt des Aequators AQ einen, gedenken, Theilt man aber den Aequator vom Mittagskreiſe A aus in 24 Theile, ſo gehen durch die Theilungspunkte diejenigen zwölf Stundenkreiſe, deren vordere oder öſtliche Helften die Figur darſtellt, unter welchen P1p der erſte, P6p der ſechſte, der Meridian ſelbſt PApQ der zwölfte iſt. Um aus jedem derſelben in den folgenden zu kommen, braucht der Fixſtern S eine Stunde Sternzeit; die Sonne S eine Stunde Sonnenzeit. Und da wir im bürgerlichen Leben Sonnenzeit gebrauchen, und zwölf Uhr zählen, wenn die Sonne in F und G, d. i. im zwölften Stundenkreiſe iſt, ſo folgt, daß wir ein Uhr haben müſſen, wenn ſich die Sonne im erſten, ſechs Uhr, wenn ſie ſich im ſechſten dieſer zwölf Kreiſe befindet u. ſ. w.

Digitized by Google

Der gemeinschaftliche Durchmesser aller Stundenkreise ist die Weltaxe Pp. Denkt man sich statt dieser einen Stift, der der Sonne gegenüber einen Schatten wirft, so fällt dieser Schatten bey jedem Stande der Sonne in ebendenselben Stundenkreis, in welchem die Sonne steht. Wenn nun die ganze Erdkugel, als unendlich klein, im Mittelpunkte der Himmelskugel angenommen wird (s. **Erdkugel** Th. II. S. 20.), so sieht man, daß jeder mit der Weltaxe parallele Stift auf der Erdfläche, als ein Stück der Weltaxe selbst betrachtet werden kan, und daß der Schatten solcher Stifte allezeit in die Ebne des Stundenkreises fällt, der die Zeit für den Augenblick der Beobachtung andeutet. Hierauf beruht die ganze **Gnomonik** oder Verfertigung der Sonnenuhren. Sie besteht einzig in der Auflösung des geometrischen Problems: Auf jeder gegebnen Fläche ihre Durchschnittslinien mit den Ebnen der zwölf Stundenkreise zu verzeichnen.

Auch erklärt sich hieraus der Gebrauch des Stundenrings auf den künstlichen Erd- und Himmelskugeln, s. **Himmelskugel, künstliche** (Th. II. S. 599.), welchen die Stundenkreise eben sowohl, als den Aequator und jeden Parallelkreis überhaupt, in 24 gleiche Theile theilen; daher der um den Pol bewegliche Zeiger auf ihm um so viel Sternstunden fortgeht, als dem Stücke, um das man die Kugel weiter fortgedreht hat, zugehören.

Stundenwinkel, Angulus horarius, *Angle horaire*. Der Winkel des Stundenkreises mit dem Mittagskreise. So ist Taf. XXIV. Fig. 42. ZPS der Stundenwinkel des Gestirns S. Das Maaß dieses Winkels ist der Bogen des Aequators AD, der **Zeitbogen** oder Abstand des Gestirns vom Mittagskreise. Dieser Bogen in Zeit verwandlet, giebt an, wie viel Zeit das Gestirn noch brauche, um aus S bis in den Mittagskreis in F zu kommen.

Im Kugeldreyecke ZPS, dessen drey Spitzen Zenith, Pol und ein Stern oder irgend ein Punkt des Himmels, sind, s. **Azimuth**, kömmt der Stundenwinkel ZPS als ein Winkel mit vor, und kan also, wenn drey Stücken aus

Digitized by Google

dieſem Dreyecke bekannt ſind, durch die ſphäriſche Trigonometrie gefunden werden.

Subtil, ſ. Fein.

Süd, Süden, ſ. Mittagspunkt.

Südliche Abweichung, Breite, Halbkugel, Polarkreis u. ſ. w. ſ. Abweichung, Breite u. ſ. w.

Südlicht, Auſtralſchein, Aurora auſtralis, Lumen auſtrale, *Aurore auſtrale*, *Lumiere auſtrale*. So, wie wir in unſern Ländern und weiter nordwärts das Nordlicht ſehen, ſo zeigt ſich den Bewohnern der Südländer eine ähnliche Erſcheinung nach der Gegend des Südpols zu. Dieſes Südlicht hat unſtreitig eine ähnliche Beſchaffenheit und gleiche Urſachen mit dem Nordlichte, ſo daß ich hierüber ganz auf den Artikel Nordlicht verweiſen kan.

Ob man gleich das Südlicht lange vermuthet hat, ſo weiß ich doch nicht, daß es vor dem Jahre 1773 wirklich von jemand wäre beobachtet worden. In dieſem Jahre ſahen es die Seefahrer, welche unter Cook's Anführung die Welt umreiſeten. Herr Forſter erzählt davon folgendes: „Ohngeachtet wir drey Jahre nacheinander die „Sommerszeit in der Nähe, und ſogar innerhalb des ſüdlichen Polarkreiſes zubrachten, ſo haben wir dieſe Erſcheinung doch nur im erſten Jahre 1773 beobachtet.“

„Wir befanden uns damals zwiſchen dem 58 und 60ſten „Grade ſüdl. Breite, und das Thermometer ſtand auf dem „Verdeck in freyer Luft auf 31 — 33 Grad. Uebrigens „glich dieſes Phänomen durchgehends dem Nordlichte. „Säulen oder Ströme eines blaſſen Lichtes ſtiegen aus einem dunkeln Abſchnitte am Horizont bis zum Zenith hinan. Zuweilen war dieſe Materie ſo durchſichtig, daß die „Sterne durchſchimmerten; zuweilen aber ſchien der Lichtſtrom weiſſer, ſtärker und undurchſichtiger. Wir beobachteten die Südlichter am 18ten, 19ten, 20ſten, 21ſten „und 26ſten Februar, und den 15ten und 16ten März „1773.“

Herr Lichtenberg (Super nova methodo, naturam et motum fluidi electr. inveſtigandi in Comment. Soc.

Gotting. Claſſ. Math. 1779. To. I. p. 78.) giebt als Muthmaßung an, unſere Erdkugel zeige vielleicht, wie ein großer Turmalin, an beyden Polen entgegengeſetzte Elektricitäten, die durch die Erwärmung erregt würden. Daraus ließe ſich erklären, warum die Nordlichter um die Nachtgleichen am ſtärkſten ſind, und alſo bey uns am häufigſten geſehen werden, weil um dieſe Zeit viele Tage nach einander die ganze Erdkugel, mit beyden Polen zugleich, von der Sonne erleuchtet und erwärmt wird. Daß die Südlichter ſo ſelten ſind, komme vielleicht davon her, daß der Südpol das — E habe, deſſen Büſchel bekanntermaſſen weit ſchwächer ſind, als die ausſtrömenden Stralenpinſel des + E. Aus dieſem nördlichen + E und ſüdlichen — E erkläre ſich vielleicht auch die ſtärkere Vegetation in den nördlichen Breiten, und unſere faſt immer poſitive Luftelektricität bey heiterm Himmel.

Da Herr Forſter das Südlicht ausſtrömend, und dem Nordlichte ganz gleich geſehen hat, wir aber das Nordlicht ſehr oft ſtill und ohne Stralen ſehen, ſo könnte vielleicht eine Verwechſelung der elektriſchen Pole vorgehen. Molina (Saggio ſopra la hiſtoria naturale del Chili 1782. L. I.) verſichert, die Südlichter würden auf den chileſiſchen Inſeln häufig geſehen, giebt aber keine Beſchreibung ihrer Form.

J. R. Forſters Bemerkungen über Gegenſt. der phyſikal. Erdbeſchreib. auf ſeiner Reiſe um die Welt, a. d. engl. mit Anm. v. G. Forſter. Berlin, 1783. gr. 8. S. 103. 104.

Lichtenberg Anm. zur vierten Aufl. von Erxlebens Anfangsgr. der Naturl. bey §. 569 u. 759.

Südpol am Himmel, ſ. **Weltpole.**

Südpol der Erde, ſ. **Erdpole.**

Sümpfe, Moräſte, Moore, Brüche, Paludes, *Marais.* Unter dieſem Namen verſteht man Sammlungen von Waſſer, die durch Vermiſchung mit erdigten Materien einen Theil ihrer Flüßigkeit verlohren haben, ſo daß ſie weder mit Schiffen oder Kähnen befahren, noch von Menſchen ohne Einſinken des Fußes betreten werden

können. Diese Sümpfe sind nach Linlofs von doppelter Art.

Zur ersten Art gehören diejenigen, deren feste Substanz unverbrennlich ist, und die aus bloßer Vermischung des Wassers mit einem sandigen oder lehmigten Boden entstehen. Dergleichen finden sich überall, wo Quellen in niedrigem Grunde entspringen, und das überflüßige Wasser nicht hinlänglich ablaufen kan; wo Gründe mit Abhängen umschlossen sind, so daß das abfließende Regenwasser sich sammlen und in die Erde einziehen muß; wo endlich an niedrigen Orten große und dicke Gehölze die Verdünstung und den Ablauf des von den Bergen kommenden Wassers verhindern.

Die zweyte Art machen die sogenannten Torfmoore (Torfland, Veenen) aus, deren feste Substanz verbrennlich ist. Diese Substanz, der sogenannte Torf, besteht aus verweseten Wurzeln mehrerer Sumpfgewächse, welche oft mit einem starken Antheile von Erdharz durchdrungen sind, und sehr vortheilhaft zu verschiedenen Arten der Feurung gebraucht werden können. Das meiste Torfland ist feucht und sumpfig; es giebt aber auch alte mehr ausgetrocknete Torflagen, oft hoch über dem Wasser, und mitten unter andern Erdschichten von verschiedenen Materien. Man findet die Torfmoore an unzählbaren niedrigen und dem Wasser nahen Stellen des festen Landes; oft aber wird auch an hohen Orten Torfland angetroffen, wie z. B. der Brocken fast ganz damit bedeckt ist.

Ueber die Torfe verschiedener Länder sind die Schriften von Degner (Diss. de turfis. Traj. ad Rhen. 1729. 8.), Abildgaard (Abhandl. vom Torfe, a. d. dänisch. Kopenh. 1765. 8.), Hagen (Physisch-chem. Betrachtungen über den Torf in Preußen. Königsberg, 1764. 8.), Schultze (Betrachtung der brennbaren Mineralien in Sachsen. Dresden, 1771. 8.), Fischerström (Anm. vom Torf in den Neuen schwedischen Abhandlungen 1781. Band II. S. 255 und in Crells chem. Annalen 1784. B. I. S. 457. u. f.) zu empfehlen.

Digitized by Google

Sehr große Verdienste um die Benutzung der Torfmoore hat sich Herr Jindorf (Anm. über die Moore im Herzogthum Bremen in Beckmanns Beytr. zur Oekon. Technol. Policey- und Cameralwiss. 4 Theil) erworben, von dessen Anstalten und Erfindungen auch Herr de Lüc (Briefe über die Geschichte der Erde und des Menschen. II. Band d. deutsch. Uebers. S. 314. CXXIV. u. f. Briefe) lesenswerthe Nachrichten mittheilt. Um Torf zu erzeugen, sticht man Gruben von 6 Schuh Tiefe, und 15 – 20 Quadratschuh Oberfläche aus, die sich mit Wasser füllen, und im ersten Jahre ein grünes schleimiges Moos erzeugen. Im zweyten liegt dieser Schleim schon 2 Schuh hoch auf dem Wasser, und man unterscheidet darinn eine Menge zarter Fäden mit Blättern und Blumen; im dritten legt sich Moos an, das den Staub und die in der Luft schwebenden Samen aufhält, und eine Menge Sumpfpflanzen, Schilfe und Gräser erzeugt; diese werden im vierten Jahre so schwer, daß sie mit ihrem Bette niedersinken. Man drückt sie alsdann auf den Boden zusammen, so daß nach mehrern Wiederholungen dieser Operation die ganze Grube in 30 Jahren ausgefüllt ist. Dennoch würde dieser neue Torf vielleicht noch Jahrhunderte brauchen, um dem alten ähnlich zu werden.

Herr de Lüc zieht aus der Tiefe des Torfs dieser Gegenden, welche nicht über 30 – 35 Schuh beträgt, den Schluß, daß unser festes Land nicht sehr alt seyn könne, weil sonst diese so schnell wachsende Substanz weit tiefer hinab gehen müste. Da in den Marschländern, wo die Pflanzen faulen, der starken Vegetation ungeachtet, kein Torf entsteht, und der Schlamm nicht brennbar ist, so vermuthet er, die Erzeugung des Torfs hänge von der Natur des Wassers ab, welches in den Mooren bräunlich, wie ein heller Caffee, aussieht, und eine fäulnißwidrige Kraft hat, die es vielleicht von dem Safte der Heide (Erica, *Bruyere*) durch das Abspühlen erhalte.

Aus faulenden Sümpfen entwickelt sich eine Menge brennbarer Luft, oder Sumpfluft, die man durch bloßes Umrühren aus ihnen erhalten kan, s. Gas, brennbares.

Unter dem Namen der Sümpfe verſteht man zuweilen auch die ſtillſtehenden großen Seen, welche keinen ſichtbaren Abfluß haben, ſ. Seen.

Lulofs Einleit. zur Kenntniß der Erdkugel, durch Käſtner. Altenb. 1755. gr. 4. §. 339. u. f. S. 292.
Gren ſyſt. Handb. der Chemie, II. Th. 2. B. §. 1910.
de Lüc Briefe über die Geſchichte der Erde u. des Menſchen, a. d. franz. II. B. Leipz. 1782. gr. 8. S. 322. u. f.

Sumpfluft, ſ. Gas, brennbares.

Sympathie, Sympathia, *Sympathie*. Dieſes Wort bezeichnet einen ſehr dunkeln Begrif. Man ſieht bisweilen, daß zween oder mehr Körper auf einander zu wirken ſcheinen, ohne daß man doch eine in die Sinne fallende Verbindung zwiſchen beyden gewahr wird. Solche Fälle erklärte die ſcholaſtiſche Phyſik häufig aus einer Sympathie, oder geheimen unbekannten Verbindung, die man zu den verborgnen Qualitäten rechnete. Schien die Wirkung in einem Abſtoßen zu beſtehen, oder eine Abneigung vorauszuſetzen, ſo nannte man dieſe Eigenſchaft Antipathie.

Man ſieht leicht, daß hiedurch nur Benennungen, nicht Erklärungen, erhalten werden, ſelbſt wenn die Phänomene richtig ſind. Alsdann aber giebt es mehrentheils natürlichere und ſchicklichere Namen, mit denen man die Erſcheinungen bezeichnen kan. So nennt man das, was zwiſchen Magnet und Eiſen, zwiſchen Glas und Waſſer, zwiſchen Säuren und Laugenſalzen ꝛc. ſtatt findet, lieber Anziehung, Anhängen, Verwandſchaft. In Fällen, wo noch keine Namen eingeführt ſind, iſt zwar jeder zu dulden, und ſo könnte man z. B. ſagen, daß ſich zwiſchen Pflanzen, die gern bey einander wachſen, oder ſich an einander anlegen (paraſitae), Sympathie zeige; allein der Name iſt immer unbequem, weil er einmal den Nebenbegrif einer erklärenden Qualität oder geheimen Kraft bey ſich führt.

Wenn aber ſogar die Phänomene unrichtig ſind, und auf falſchen oder übelverſtandnen Beobachtungen beruhen, ſo iſt ein ſolcher Name doppelt ſchädlich. Er hängt alsdann der Sache ein Kleid um, welches das Anſehen einer

Erklärung hat, und von Betrug und Aberglauben gemißbraucht, in den Augen der Unwissenden die ungereimtesten Dinge glaublich, und das Unbegreiflichste wahrscheinlich machen kan. Diese Bewandniß hat es mit den vorgeblichen Wirkungen der Wünschelruthe, der Amulete, den sogenannten sympathetischen Curen, und tausend andern Geburten des Aberglaubens, welche die leichtgläubige Einfalt oft durch Sympathie erklärt, ohne zu wissen, was sie eigentlich mit diesem Worte sagen wolle.

Es sind also die bedeutungslosen Namen der Sympathie und Antipathie aus der bessern Physik gänzlich zu entfernen. Gewisse davon abgeleitete Benennungen behält man bey, weil sie einmal eingeführt sind, z. B. sympathetische Dinten, sympathische Bewegungen im menschlichen Körper, wobey durch die Verbindung des Nervensystems entfernte Theile des Körpers zugleich leiden, u. s. w.

Synodischer Monat, s. Monat.

Syzygien, Syzygiae, *Syzygies*. Diesen Namen führen diejenigen Stellungen zweener Planeten, in welchen sie mit der Erde fast in gerader Linie stehen, also ihre Conjunctionen und Oppositionen, s. Aspecten. Am gewöhnlichsten wird diese Benennung den Conjunctionen und Oppositionen des Monds und der Sonne, d. i. den Erscheinungen des **Neumonds** und **Vollmonds** beygelegt, die man unter dem Namen der Syzygien den Quadraturen entgegensetzt, s. **Quadratur**.

T.

Tag, Dies, *Jour*. Man nimmt dieses Wort in einer doppelten Bedeutung, einmal für die Dauer der scheinbaren Umwälzung des Himmels, das anderemal für die Zeit des Aufenthalts der Sonne über dem Horizonte. In der ersten Bedeutung ist es der **astronomische Tag**, welcher in 24 Stunden getheilt wird, und die Nacht mit begreift; in der zweyten der **natürliche Tag**, welcher von sehr un-

Digitized by Google

gleicher Länge ist, und der Nacht entgegengesetzt wird. Die französischen Schriftsteller nennen jenen den natürlichen, diesen den künstlichen Tag.

Der astronomische Tag ist eigentlich die Zeit, binnen welcher die Erdkugel eine ganze Umdrehung um ihre Axe vollendet, in der also die Gestirne wieder zu ebenderselben Stellung gegen Horizont und Mittagskreis zurückkehren. Für die Fixsterne, deren eigne Bewegungen man hiebey vernachläßigen kan, ist dieses eine immer gleiche unveränderliche Zeitdauer, der Sterntag oder Tag der ersten Bewegung, s. Sternzeit. Für die Sonne aber, deren eigne Bewegung beträchtlicher, und nicht alle Tage gleich ist, sind die Zeiten, in denen sie wieder einerley Stellung gegen die Kreise der unbeweglichen Himmelskugel erhält, oder die wahren Sonnentage, ungleich. Ein Mittel aus diesen ungleichen Zeiträumen im Durchschnitte genommen, ist der mittlere Sonnentag, s. Sonnenzeit.

Den Anfang des Tages setzen die Astronomen in den Mittag, d. i. in den Augenblick, da der Mittelpunkt der Sonnenscheibe durch den Mittagskreis geht. Von diesem Zeitpunkte zählen sie bis zum folgenden Mittage 24 Stunden in ununterbrochener Reihe, welches also wahre Sonnenstunden sind, nach welchen die Zeitpunkte der astronomischen Beobachtungen angegeben werden.

Der bürgerliche Tag wird bey den europäischen Völkern fast durchgängig von Mitternacht angefangen. So haben ihn schon die römischen Priester u. a. (Plin. H. N. II. 77.) gerechnet, daher es nicht wahrscheinlich ist, daß die christliche Kirche bey dieser Wahl auf die nächtliche Zeit der Geburt Christi gesehen habe. Man zählt, wie bekannt, die Vormittagsstunden bis 12, und fängt mit den Nachmittagsstunden eine neue Reihe an. Daher treffen die letztern Stunden mit den astronomischen zusammen; in den Vormittagsstunden aber sind beyde um 12 auseinander; wenn z. B. die bürgerliche Zeitrechnung den 18ten Jul. früh 9 Uhr zählt, so hat die astronomische die 21ste Stunde des 17 Jul. vollendet.

Verschiedene Morgenländer, z. B. die Babylonier, (Plin. II. 77.) fiengen ehedem den Tag vom Aufgange der Sonne an, die Athenienser und Juden hingegen vom Untergange, so wie es die Italiäner noch jetzt thun. Diese italiänischen Stunden werden bis zum folgenden Untergange der Sonne von 1 bis 24 fortgezählt, so daß Mittag und Sonnenaufgang täglich auf andere Stunden fallen. Daher hat man im römischen Kalender eigne Tabellen für die Stunden der Sessionen, des Mittagessens u. dergl. durchs ganze Jahr nöthig. Am 18 Jul. z. B., wenn nach unserer Zeitrechnung die Sonne um 8 Uhr untergeht, fällt ihr Aufgang in die achte, und der Mittag in die sechszehnte italiänische Stunde; an den Tagen der Nachtgleichen hingegen ist der Aufgang um zwölf, der Mittag um 18 Uhr. Eine Vergleichung der italiänischen Stunden für die Polhöhen von 40 – 44 Grad findet man bey Labat (Voyage d'Espagne & de l'Italie. To. IV). Im Florentinischen sind seit 1750 europäische Stunden eingeführt.

Der natürliche Tag ist die Zeit des Aufenthalts der Sonne über dem Horizonte, oder der Zeitraum zwischen dem Aufgange und dem nächstfolgenden Untergange der Sonne. Die Länge dieses Tages ist sehr verschieden, und richtet sich nach dem Stande der Sonne und nach der geographischen Breite oder Polhöhe des Beobachtungsorts. Es ist nemlich

halbe Taglänge in ⊙zeit = (90° + Asc. diff. d. ⊙) in ✻zeit s. Ascensionaldifferenz. Und da wir die bürgerlichen Stunden vom Mittage aufs neue zu zählen anfangen, so giebt die halbe Taglänge zugleich die Stunde des Untergangs der Sonne.

Unter dem Aequator der Erde, wo Polhöhe und Ascensionaldifferenz = 0 sind, ist die halbe Taglänge jederzeit = 6 Stunden. Es sind also daselbst alle Tage 12 Stunden lang.

Zwischen dem Aequator und den Polen ist die Taglänge veränderlich. Zweymal im Jahre (um den 20 März und 23 September), wenn die Sonne im Aequator steht, und ihre Abweichung, mithin auch ihre Ascensionaldiffe-

Digitized by Google

renz, = o ist, wird die Länge des Tages auch 12 Stunden, s. Nachtgleiche. So lang die Sonne eine nördliche Abweichung hat, ist die Ascensionaldifferenz für Orte in der nördlichen Halbkugel positiv, mithin der Tag länger, als 12 Stunden. Für Orte der südlichen Halbkugel, wo die Polhöhe südlich oder negativ ist, wird alsdann die Ascensionaldifferenz auch negativ und der Tag kürzer, als 12 Stunden. Umgekehrt sind die Erscheinungen, wenn die Abweichung südlich ist: alsdann haben die Nordländer kürzere, die Südländer längere Tage.

Die längsten und kürzesten Tage fallen in die Zeiten der Sonnenwenden um den 21 Jun. und den 21 Dec., wo die Abweichung ein Gröstes und der Schiefe der Ekliptik gleich wird. Alsdann ist

sin. Asc. diff. = tang. 23° 28′ 8″ × tang. Polhöhe

	St.	Min.	Sec.	Tert.
Für Leipzig dauert				
der längste Tag, d. 21 Jun.	16	22	45	20
der kürzeste, den 21 Dec.	7	37	14	40

s. Ascensionaldifferenz.

Unter den Polarkreisen, wo die Polhöhe das Complement der Schiefe der Ekliptik wird, ist für die Tage der Sonnenwenden

sin. Asc. diff. = tang. Schiefe × cotang. Schiefe = 1, mithin die Asc. diff. = 90°, und der längste Tag = 24 St., der kürzeste = o. Das heißt: Diese Orte haben einmal im Jahre einen Tag von 24 Stunden, da die Sonne gar nicht untergeht, einmal eine Nacht von 24 St., da sie gar nicht aufgeht.

Für die Orte der kalten Zonen hält dieser beständige Tag desto länger an, je näher sie den Polen liegen. Der Tag fängt an, wenn die Abweichung der Sonne dem Complemente der Polhöhe gleich wird, und dauert über die Sonnenwende hinaus, bis die abnehmende Abweichung wieder eben so groß geworden ist. Einem Orte, der 70° nördliche Breite hat, fängt der beständige Tag an, wenn die Sonne 20° nördliche Abweichung bekömmt, d. i. den 20. May, und dauert über den 21 Jun. hinaus, bis sie im

Digitized by Google

Niedersteigen wieder dieselbe nördliche Abweichung bekömmt, d. i. bis zum 19 Jul.

Endlich fängt unter den Polen selbst, wo die Polhöhe = 90° ist, der beständige Tag schon mit der Abweichung = 0, oder mit der Nachtgleiche selbst, an und endigt sich erst mit der folgenden Nachtgleiche. Er dauert also ein völliges Halbjahr; für den Nordpol vom 20 März bis 23 Sept.; für den Südpol vom 23 Sept. bis 20 März.

So findet man die Länge der natürlichen Tage, wenn man alle Ursachen, wodurch sie vergrößert wird, bey Seite setzt. Aber theils die scheinbare Größe der Sonnenscheibe, wobey der obere Rand eher auf- und später untergeht, als der Mittelpunkt, theils die Stralenbrechung, welche das Bild der Sonne über den Horizont erhebt, wenn gleich die Scheibe selbst unter demselben steht, s. **Stralenbrechungen, astronomische**, vergrößern die Länge des Tages. So wird die Dauer des längsten Tages bey uns durch beyde Ursachen zusammen um $4\frac{1}{4} + 8\frac{1}{2} = 16\frac{3}{4}$ Min. vergrößert.

Kästner Anfangsgr. der Chronologie. §. 3. 4.

Tagbogen, Arcus diurnus, *Arc diurne*. Wenn der Tagkreis eines Gestirns NSMT (Taf. XXIV. Fig. 43.) vom Horizonte HSRT, in S und T durchschnitten wird, so heißt der über dem Horizonte liegende Theil SMT des Gestirns **Tagbogen**, so wie man den andern unter den Horizont fallenden Theil TNS den **Nachtbogen** (arcus nocturnus) nennen könnte. Der Mittagskreis HMPQpH theilt beyde Bogen in gleiche Helften; daher ist SM = MT der **halbe Tagbogen** (arcus semidiurnus, *arc semidiurne*).

Der Bogen des Aequators AD, welcher mit SM zwischen einerley Abweichungskreisen PMA und PSD enthalten ist, ist SM ähnlich, d. h. er hat eben so viel Grade, Min. Sec ꝛc. als SM. Daher heißt auch AD der halbe Tagbogen des Sterns, dem der Tagkreis NSMT zugehört. Beym Worte **Ascensionaldifferenz** (Th. I. S. 130. 132.) findet man schon, daß

$AD = AO + OD = 90° + Asc.\ diff.$

ſey, und daß das doppelte AD in Zeit verwandlet die Dauer der Sichtbarkeit des Sterns gebe. Man überſieht hieraus bald, daß für Sterne, die im Aequator ſelbſt ſtehen, der Tagbogen ein Halbkreis, für die in der nördlichen Halbkugel bey uns größer, für die in der ſüdlichen (deren Asc. diff. negativ iſt) kleiner, als ein Halbkreis, ſey.

Wenn die nördliche Abweichung des Sterns = QR (oder dem Complemente der Polhöhe PR zu 90° gleich) wird, ſo iſt die Asc. diff. = 90°, AD = 180°, und der Tagbogen verwandlet ſich in einen ganzen Kreis. Es fällt nemlich des Sterns ganzer Tagkreis RK über den Horizont, oder der Stern **geht gar nicht unter.** Noch weniger können diejenigen Sterne untergehen, die dem Pole P noch näher ſtehen, oder deren nördliche Abweichung noch größer, als das Complement der Polhöhe (d. i. für Leipzig größer als 38° 40′ 19″) iſt.

Iſt hingegen die ſüdliche Abweichung des Sterns = AH oder noch größer (d. i. der Aequatorhöhe des Orts, dem Complemente der Polhöhe, gleich oder größer), ſo fällt der ganze Tagkreis, wie HI unter den Horizont, und ſolche Sterne gehen in unſern Ländern **gar nicht auf.**

Tagkreiſe, Circuli diurni, *Cercles diurnes.* So nennt man alle mit dem Aequator parallele Kreiſe der Himmelskugel, ſ. **Parallelkreiſe.** Durch jeden Punkt der Himmelskugel, oder durch jeden Stern S, Taf. XXIV. Fig. 43. kan ein ſolcher Kreis, wie NSMT, gezogen werden. Und da die 24ſtündige Umwälzung der Himmelskugel nach einer dem Aequator parallelen Richtung erfolgt, ſo iſt dies eben der Kreis, in welchem der Stern S durch die gemeine Bewegung täglich einmal herumgeführt wird, dem man daher den Namen ſeines Tagkreiſes giebt.

Manche Tagkreiſe, wie NSMT werden von dem Horizonte des Beobachtungsorts HR durchſchnitten, und in einen Tagbogen und einen Nachtbogen zertheilt. Manche, wie RK, fallen ganz über, oder wie HI, ganz unter den Horizont, ſ. **Tagbogen.** Der Mittagskreis HMPQpH

Digitized by Google

schneidet jeden Tagkreis zweymal senkrecht, einmal an seiner höchsten, das anderemal an seiner niedrigsten Stelle, z. B. in M und N, in K und R, so daß sich beyde Durchschnittspunkte im Tagkreise selbst gegenüber stehen. Daher geht jeder Stern täglich zweymal durch den Mittagskreis; beyde Durchgänge aber sind nur alsdann sichtbar, wenn der ganze Tagkreis über den Horizont fällt.

Man kan die Tagkreise, wie alle Kreise, in Grade, Minuten, Secunden ꝛc. theilen. Weil sie aber kleinere Kreise der Sphäre sind, so sind auch ihre Grade kleiner, als die Grade der gröſten Kreise, oder des Aequators. Es fällt in die Augen, daß hiebey eben das Verhältniß statt findet, welches (Th. III. S. 408.) für die Parallelkreise der Erdkugel angegeben ist, nur daß am Himmel das **Abweichung** heißt, was man auf der Erdkugel **Breite** nennt, nemlich der Abstand vom Aequator AM = QN. Mithin ist

Grad des Tagkreises = Grad des Aequ. × cos. Abweich.

Für einen Stern von 60° Abweichung ist ein Grad seines Tagkreises nur halb so groß, als ein Grad des Aequators.

Nun durchläuft jeder Stern seinen ganzen Tagkreis in 24 Stunden, mithin jede 15° desselben in 1 Stunde, jeden Grad in 4 Min., jede Minute in 4 Secunden Sternzeit. Nach dem angegebenen Verhältniße bringt man diese Grade u. s. w. auf Grade gröster Kreise, wenn man ihre Anzahl durch den Cosinus der Abweichung des Sterns multiplicirt. So kan man sich der täglichen Bewegung bedienen, um kleine Größen am Himmel durch die Zeit abzumessen.

Man findet z. B., daß ein Stern, der 60° Abweichung hat, 4 Min. Zeit braucht, um den Durchmesser des Gesichtsfeldes in einem unbewegt stehenden Fernrohre zu durchlaufen. In 4 Min. Zeit durchläuft dieser Stern einen Grad seines Tagkreises, welches mit cos. 60° = ½ multiplicirt, einen halben Grad oder 30′ eines gröſten Kreises giebt. Daher ist der Durchmesser des Gesichtsfelds in diesem Fernrohre = 30′. Durch dieses Mittel bestimmt

Digitized by Google

man den Werth der Umdrehungen bey Mikrometerschrauben, ſ. Mikrometer. (Th. III. S. 209).

Der Aequator läſt ſich ſelbſt als ein Tagkreis, mithin als der gröſte unter allen, betrachten. Er iſt der Tagkreis der Sonne an den Tagen der Nachtgleichen, ſ. Nachtgleiche. Die Wendekreiſe ſind die Tagkreiſe der Sonne an den Tagen der Sonnenwenden, und die Polarkreiſe die Tagkreiſe der Pole der Ekliptik, ſ. Wendekreiſe, Polarkreiſe.

Taucher, Carteſianiſche, ſ. Carteſianiſche Männchen.

Taucherglocke, Täucherglocke, Campana urinatoria, *Cloche du plongeur*. Man giebt dieſen Namen einer Vorrichtung, in welcher ſich ein Menſch eine Zeit lang in einer beträchtlichen Tiefe unter Waſſer aufhalten kan.

Die Taucher (Vrinatores, *Plongeurs*) waren ſchon bey den Alten ſehr bekannt, und werden noch jetzt unter den uncultivirteſten Nationen häufig angetroffen. Sie können aber, ohne zu athmen, doch nicht lang unter dem Waſſer bleiben. Gmelin (Reiſe durch Rußland, Th. II. S. 199.) führt an, daß die aſtrachaniſchen Taucher etwa ſieben Minuten aushalten, Oldenburgh (Acta philoſoph. ſocietatis in Anglia. Lipſ. 1675. 4. p. 724.) meldet, ein holländiſcher Taucher ſey ſo lang unter Waſſer geweſen, daß ein Beobachter unter der Zeit wenigſtens zehnmal habe athmen müſſen; die oſtindiſchen Perlenfiſcher aber könnten eine Viertelſtunde lang ausdauren.

Man hat ſehr früh auf Mittel gedacht, den Tauchern unter dem Waſſer Luft zu verſchaffen, um die Dauer ihres Aufenthalts zu verlängern. Ariſtoteles (Problem. XXXII. §. 5.) führt ſchon an, daß die Taucher einen mit Gewalt hinabgedrückten Keſſel brauchen (λέβητα καταφέντες), der ſich nicht mit Waſſer füllt, ſondern Luft hält, wenn er gerade hinabgelaſſen wird. Dies ſcheint der Taucherglocke ſehr ähnlich zu ſeyn; aber die Stelle iſt zu dunkel, weil man nicht entſcheiden kan, ob das Wort καταφέντες ein Ueber-

Digitized by Google

stürzen des Kessels über den Kopf, oder ein bloßes Nachschicken desselben anzeige, in welchem letztern Falle der Kessel blos als Luftmagazin gedient hätte, zu welchem der Taucher seine Zuflucht nehmen konnte, so oft ihn das Bedürfniß zu athmen dazu antrieb.

Die älteste Nachricht vom Gebrauche der Taucherglocke in Europa ist vom Jahre 1538, und wird vom P. **Schott** (Technica curiosa. L. VI c. 9. p. 393.) aus **Taisnier** Opusc. de motu celerrimo angeführt. Taisnier sahe zu Toledo in Gegenwart Kayser Carls V. und vieler tausend Zeugen, wie zween Griechen sich in einem umgekehrten Kessel unter Wasser liessen, und mit einem brennenden Lichte, ohne naß zu werden, wieder herauf kamen. Der Kanzler **Baco** (Novum Organon L. II. §. 50. in Opp. lat. transl. Lipsi. 1694. fol. p. 408. ingl. Phaenomena universi, ibid. p. 702.) beschreibt schon die ganze Vorrichtung sehr umständlich.

In der letzten Helfte des vorigen Jahrhunderts bemühte man sich, die Schätze, welche 1588 mit den Schiffen der sogenannten unüberwindlichen Flotte versunken seyn sollten, bey der Insel Mull an der westlichen Küste von Schottland aus dem Meere heraufzuholen. Die dabey gebrauchte Taucherglocke beschreibt **Sinclair** (*G. Sinclari* ars nova et magna gravitatis et levitatis. Roterod. 1669. 4. p. 220.), aber ohne sich die Erfindung derselben beyzulegen, die ihm vom **Paschius** (Inventa nov-antiqua Lipsi. 1700. 4. p. 650.) und **Leupold** (Theatr. statie. univers. P. III. Leipz. 1726. fol. S. 242.) mit Unrecht zugeschrieben wird. Man brachte im Jahre 1665 einige Kanonen, und 1688 andere Kostbarkeiten herauf, deren Werth jedoch im Ganzen nicht viel betragen haben soll. Glücklicher war die Unternehmung, die der Herzog von Albemarle 1687 durch **William Phipps** ausführen ließ, die Schätze eines an der Küste von Hispaniola versunkenen spanischen Schiffes aufzusuchen, wobey man einen Werth von 300000 Pfund Sterling aus einer Tiefe von 6 – 7 Klaftern hervorzog.

Leupold (Theatr. pontificiale. Leipz. 1726. fol. Cap. 2. Taf. I – III.) hat eine Menge Vorschläge, den Aufent-

halt unter Waſſer zu verlängern, beſchrieben und abgebildet. Die daſelbſt (Tab. II. A) vorgeſtellten ſind ſämmtlich aus einer alten deutſchen Ueberſetzung des Vegetius De re militari genommen. Die erſte der Taucherglocke ähnliche Erfindung iſt aus dem Lorini (Le fortificationi di *Bonaiuto Lorini*. in Venetia. 1609. fol.), und beſteht aus einem viereckigten mit Eiſen beſchlagnen Kaſten, der mit Fenſtern verſehen ſeyn, und unten einen Schemel für den Taucher enthalten ſoll. Im Jahre 1671 lehrte Nicolaus Witſen (Scheeps-bouw beſchreven door *Nic. Witſen*. Amſt. 1671. fol. p. 288.) die Einrichtung und den Gebrauch der Glocke richtiger; auch beſchrieb ſie Borelli (De motu animalium. 1679. 4.), nebſt einem andern beym Leupold (Tab. II. Fig. 4.) abgebildeten Vorſchlage, deſſen Unmöglichkeit Jacob Bernoulli (Act. erud. Lipſ. 1683. Decemb. p. 553.) gezeigt hat. Sturm (Colleg. curioſum. Norimb. 1678. 4.) beſchrieb die Glocke nach Sinclair, und that einige Vorſchläge zu ihrer Verbeſſerung.

Dieſe Taucherglocke ſelbſt beſteht aus dem glockenförmigen Gefäße EKF (Taf. XXIV. Fig. 44.) von Holz oder Metall. Daran hängt entweder unten eine Tafel MN, auf der der Taucher ſtehet, oder es ſind im Umfange Querhölzer angebracht, auf denen er ſitzet. Der Fußtritt MN hängt etwa 2 Fuß tief unter dem Rande der Glocke. Wenn nun auf MN ein Menſch tritt, ſo befindet ſich ſein Kopf und Oberleib bis auf 4 Fuß im inwendigen Raume der Glocke. Wird die Glocke ſo ins Waſſer geſenkt, daß der ganze Rand EF die Oberfläche des Waſſers mit allen ſeinen Punkten zugleich berühret, ſo wird die Luft in EFK eingeſperrt, und kan durch tieferes Hinablaſſen der Glocke zwar mehr zuſammengedrückt, aber nie herausgetrieben werden, ſo daß ſich der Kopf des Tauchers nebſt Bruſt und Armen ſtets im Trocknen und in der eingeſchloſſnen Luft befindet.

Wenn der Druck der Atmoſphäre dem Drucke einer Waſſerſäule von 32 Fuß Höhe gleich iſt, ſo wird dem mariottiſchen Geſetze gemäß, die Luft in der Glocke EFK, wenn

selbige 32 Fuß tief unter Wasser versenkt ist, bis auf die Helfte des vorigen Raumes, wenn die Glocke 64 Fuß tief versenkt ist, bis auf das Drittel desselben u. s. w. zusammengedrückt seyn. Ueberhaupt, wenn die Höhe der dem Drucke des Luftkreises gleichwiegenden Wassersäule = a Fuß ist, so wird sich unter dem Wasser in einer Tiefe von b Fuß die Dichte der eingeschloßenen Luft zur Dichte der äussern freyen Luft, wie a + b : a verhalten. Es bleibt also immer die Schwierigkeit übrig, daß bey großen Tiefen der Taucher eine sehr dicht zusammengepreßte Luft athmen muß, welche noch überdies durch die Respiration selbst bald verdorben, und zum fernern Athmen untüchtig wird.

Man hat diesen Fehlern auf mancherley Art abzuhelfen gesucht. Halley (The art of living under water in Philos. Trans. 1717 u. 1721.) ließ eine Glocke von 8 Fuß Höhe, 5 Fuß Weite am untern, 3 Fuß am obern Ende, und 63 Cubikfuß Inhalt verfertigen, die mit Bley überzogen, und so schwer war, daß sie schon leer zu Grunde sank. Am untern Rande waren Gewichte vertheilt, die denselben stets horizontal hielten. Oben war ein starkes Glas eingesetzt, um Licht durchzulassen; auch war ein Hahn angebracht, die verdorbene Luft herauszulassen. Die ganze Maschine hieng an einem Querbalken am Mastbaume des Schiffes. Es wurden große mit frischer Luft angefüllte Schläuche hinabgelassen, welche der Druck des Wassers so zusammenpreßte, daß der Taucher durch lederne mit Oel getränkte Röhren dieser Luft einen Ausgang in die Glocke verschaffen, und die verdorbne dagegen durch den Hahn herauslassen konnte. Durch dieses Mittel brachte es Halley so weit, daß er nebst vier andern Personen 1½ Stunden lang 9 – 10 Klaftern tief unter Wasser bleiben konnte. Er machte durch die Menge der eingelassenen Luft den Meergrund so trocken, daß er nicht bis über die Schuhe in den Schlamm oder Sand trat. Durch das Fenster fiel so viel Licht ein, daß er bey stiller See lesen und schreiben konnte: er schrieb seine Befehle mit einem eisernen Griffel auf Bley, und schickte sie mit den leergewordenen Luftschläuchen hinauf. Bey trübem Wetter und stürmischer See hingegen, war es un-

Digitized by Google

ten ganz finſter, und er muſte ein Licht brennen, das aber faſt eben ſo viel Luft, als ein Menſch, verzehrte. Die einzige Ungemächlichkeit, die er empfand, war ein Schmerz in den Ohren, der von der Verdichtung der Luft beym Hinablaſſen der Glocke entſtand, aber bald wieder vergieng, wenn nur die Glocke ſehr langſam niedergelaſſen ward. Um einen Taucher aus der Glocke auf dem Meergrunde verſchicken zu können, erfand Halley eine bleyerne Kappe, die für ein paar Minuten Luft faßte, über den Kopf gedeckt ward, und durch ein dichtes biegſames Rohr mit der Glocke in Verbindung ſtand.

Der Schwede **Martin Triewald** (Konſt at lefwa under watnet. Stockholm, 1741. 4. ingl. Philoſ. Trans. 1736.) ließ die Glocke viel kleiner und wohlfeiler aus inwendig verzinntem Kupfer machen. Der untere Schemel iſt ſo niedrig angebracht, daß der Kopf des Tauchers nur gerade über die Waſſerfläche in der Glocke hervorragt, und noch viel Luft über ſich hat, welches weit beſſer iſt, weil die verdorbene Luft in den obern Raum aufſteigt. Damit man ſich aber auch in dem obern Raume aufhalten könne, geht an der Seite der Glocke eine rund umher gewundene kupferne Röhre in den untern Theil, aus welcher die untere friſchere Luft durch einen ledernen Aufſatz mit einem Mundſtücke von Elfenbein eingeſogen werden kan.

Martin (Philoſophia Britannica, überſ. von **Wilke**. Leipz. 1772. III. Th. gr. 8. II. Th. S. 224.) hat die Glocken des **Halley** und **Triewald** abgebildet, und ſetzt hinzu, ein Engländer habe einen ganzen Anzug von ſtarkem dichten Leder erfunden, welcher ungefähr ein halbes Oxhöft Luft enthalte, genau über Arme und Beine paſſe, und vorn mit einem Glaſe verſehen ſey. In dieſem Anzuge ſey er auf dem Meergrunde herum und in die Zimmer verſunkener Schiffe gegangen, um aus denſelben Güter heraufzuholen, welches über 40 Jahre lang getriebene Gewerbe ihm einen anſehnlichen Gewinn verſchaft habe.

Beckmann Beyträge zur Geſchichte der Erfindungen. Erſter Band, Leipz. 1782. 8. Viertes St. Num. 6.

Karsten Lehrbegrif der gesammten Mathem. Dritter Theil. Greifsw. 1769. 8. Aerostatik, §. 10.

Tautochronisch, Tautochrona, *Tautochrones*. So nennt man Wirkungen, die in gleich langen Zeiten erfolgen, daß also das Wort eben so viel, als isochronisch bedeutet, s. Isochronisch.

Tautochronische Linien (Linien von einerley Zeiten des Falles) heissen in der höhern Mechanik diejenigen, in welchen ein Körper, von einer gegebnen Kraft getrieben, gleichviel Zeit braucht, um an eine gegebne Stelle zu gelangen, an welchem Punkte der Curve auch die Bewegung anfangen mag. Für Kräfte, die immer gleich stark und nach parallelen Richtungen wirken, wie z. B. die Schwere der Erdkörper, ist die Cykloide eine solche Curve: der fallende Körper erreicht ihren tiefsten Punkt in gleich langer Zeit, er mag nun durch einen gröfsern oder kleinern Bogen fallen. Für Centralkräfte, die immer nach einem Punkte treiben, sind es Epicykloiden, logarithmische Spirallinien u. s. w. Euler (Comm. Acad. Petrop. To. VII. p. 49. sqq. ingl. Mechan. To. II. prop. 46. sqq.) hat von diesen Linien in der gröfsten Allgemeinheit gehandlet.

Teleologie, Teleologia, *Teleologie*. Die Lehre von dem Zweckmäßigen in der Einrichtung der Welt.

Bey der Untersuchung der Natur bieten sich von selbst, in nicht geringer Menge, Betrachtungen über die wohlthätigen Folgen der wirklichen Einrichtung der Welt und ihrer Gesetze an. Es fällt unmöglich, diese Folgen einem zwecklosen Ungefähr zuzuschreiben. In allem zeigt sich weiser Plan und Anlage zu Beförderung des Wohls unzählbarer empfindenden Wesen, insbesondere der Menschen, für deren fortdaurende Ausbildung zu höherer Vollkommenheit vorzüglich gesorgt zu seyn scheint. Sehr wahrscheinlich erstreckt sich dieses weit über die Grenzen unsers Erdballs hinaus auf eine zahllose Menge denkender, empfindender und mannigfaltiger Glückseligkeit fähiger Geschöpfe, und selbst für uns Erdbewohner scheint es weiter, als

Digitized by Google

blos auf die kurze Dauer dieses gegenwärtigen Lebens zu reichen.

Da kein Unbefangner so etwas für bloßes Spiel des Zufalls halten, oder auch dieses aus der Natur hervorleuchtende Absichtliche und Zweckmäßige läugnen kan, so entsteht hieraus nicht nur ein Beweiß für das Daseyn der Gottheit, den schon die Alten für einen der stärksten erkannten (*Cic.* Tuscul. Disp. I. 28. 29. De nat. Deor. II. 37. 38.), sondern auch eine zur Bewunderung hinreissende und zu Erfüllung unserer Pflichten antreibende Erkenntniß der erhabnen Eigenschaften dieses höchsten Wesens. (Quatenus ex philosophia naturali intelligere possumus, quaenam sit prima rerum Causa, et quam potestatem et jus ea in nos habeat, & quae beneficia ei accepta sint referenda; eatenus officium nostrum erga eam, æque ac erga nosmetipsos invicem, quid sit, per lumen Naturæ innotescit. *Newtoni* Optice. L. III. sub fin.).

Betrachtungen dieser Art gewähren ein großes und edles Vergnügen, das den Reiz theoretischer Speculationen bey weitem übersteigt. „Als ich entdeckt hatte", sagt Herr de Lüc (Briefe über die Geschichte der Erde und des Menschen, der Uebers. B. I. S. 37.) „daß die Grade der „Ausdehnung des Wassers durch die Wärme, den Gra„den der wirklichen Vermehrung der Wärme nicht propor„tional, sondern anfangs ungemein klein in Vergleichung „mit den letztern Schritten sind, so dachte ich über die Ur„sache davon nach, machte eine Hypothese, prüfte sie mit „glücklichem Erfolg, und freute mich darüber so sehr, als „man sich nur über eine physikalische Entdeckung freuen „kan; vergaß aber die ganze Sache wieder, ohne daß sie „mir etwas mehr, als schwache Erinnerungen, zurückge„lassen hätte. Als ich aber einst überlegte, daß sich in al„len Körpern Wasser befinde, daß es das Vehikel aller „Nahrungsmittel im Thier- und Pflanzenreiche, und in „allen die Nahrungssäfte zuführenden Gefäßen enthalten „sey, daß es also alle organisirte Körper zerstören würde, „wenn es bey den natürlichen Veränderungen der Wärme „der Luft starken Ausdehnungen und Zusammenziehungen

„ausgesetzt wäre, so ward mein ganzes Herz von Bewun„derung der Weisheit des Schöpfers ergriffen; ich fühlte „durch diese Entdeckung den Schatz meiner wichtigsten „Kenntniße bereichert, und noch jetzt kan ich nie ohne Ent„zücken hieran gedenken.“

Dennoch ist die Summe dieser schönen Betrachtungen viel zu unvollständig, als daß sie sich in ein systematisches Ganzes zusammenordnen liesse. Die Zwecke sehr vieler Veranstaltungen in der Körperwelt bleiben dem Menschen verborgen, und oft hat man darüber nur schwache Muthmaßungen, denen weit stärkere Gründe entgegen stehen. Ueberdies nöthigt uns das unläugbare **physische Uebel**, die letzten Zwecke nicht auf dieser Erde zu suchen, und das gegenwärtige Leben nur als Bildung und Vorbereitung zu einer **uns gänzlich verborgnen Zukunft** anzusehen. Mithin muß die Entwickelung des ganzen Plans der Vorsehung in allen seinen Theilen unsere Kräfte bey weitem übersteigen, und wir werden dem Gegner sehr leicht Blößen geben, wenn wir uns allzuweit in diesem Felde wagen.

Inzwischen ist es doch sehr nützlich, die teleologischen Bruchstücke aus der eigentlichen Physik mit gehöriger Mäßigung und Behutsamkeit zusammen zu stellen. Ich habe beym Worte **Physik** (Th. III. S. 508.) einige hieher gehörige Schriften genannt; aber die seitdem gemachten Entdeckungen erfordern beträchtliche Abänderungen und Zusätze zu denselben. Zwar fehlt es uns nicht an oberflächlichen Schriften, deren Verfasser bey jedem einzelnen Phänomen in Declamationen über die Zwecke der Vorsehung ausbrechen: aber oft geschieht dies auf eine sehr unschickliche Art, die den Leser ermüdet, dem Kenner Verdruß erregt, dem Gegner nur neue Waffen in die Hände giebt, und im Grunde der guten Sache mehr Schaden als Vortheil bringt. Möchte doch irgend ein einsichtsvoller Physiker, der mit den Talenten des Philosophen zugleich die Vorzüge des angenehmen Schriftstellers verbände, diesen wichtigen Gegenstand mit der ihm angemessenen Gründlichkeit, Feinheit und Würde behandlen!

Digitized by Google

Man muß bey den teleologischen Sätzen zuvor die Thatsachen und Gesetze erweisen, und dann erst aus ihnen die Zwecke folgern oder muthmaßen: nicht aber in umgekehrter Ordnung Zwecke voraussetzen, und aus diesen Naturgesetze und Thatsachen **demonstriren** oder **erklären** wollen. In der Physik müssen die Demonstrationen blos auf Erfahrungen beruhen, und die Causalerklärungen aus den **wirkenden**, nicht aus den **Endursachen** abgeleitet seyn. In diesen Fehler würde man verfallen, wenn man mit Aristoteles und den Scholastikern gewisse Begebenheiten aus den **Absichten** der Natur, **nichts vergeblich zu thun**, **das Beste zu wählen**, **die Leere zu vermeiden** u. s. w., oder die Gesetze des Stoßes aus der Absicht, **immer gleich viel Bewegung zu erhalten**, die Mechanik aus der Absicht der **Erhaltung lebendiger Kräfte** u. dergl. herleiten wollte; oder wenn man durch Fermats, Leibnitzens, von Maupertuis u. a. Sätze, daß der Schöpfer **die kürzeste Zeit**, **den leichtesten Weg**, **die kleinste Wirkung** gewählt habe, Demonstrationen der Naturgesetze zu erhalten glaubte. Die gehörige Ordnung der Schlüsse ist gerade die umgekehrte. **Maupertuis** selbst (Essai de Cosmologie am Schlusse des I. Th.) hat dies sehr deutlich gefühlt. „Ich hätte", sagt er, „von den Gesetzen, wie sie „die Mathematiker angeben, und wie sie die **Erfahrung** „**bestätiget**, ausgehen, und erst nachher in ihnen die Spu„ren der göttlichen Macht und Weisheit aufsuchen können. „Aber da die Erfinder dieser Gesetze Voraussetzungen zu „Hülfe nehmen, die nicht rein geometrisch sind, mithin die „Gewißheit der Sache nicht auf ganz strenge Demonstra„tionen gegründet ist; so hielt ich es für sicherer und vor„theilhafter, sie aus den Eigenschaften eines allmächtigen „und allweisen Wesens herzuleiten. Wenn ich auf diesem „Wege eben die Gesetze finde, die in der wirklichen Welt „statt haben, ist das nicht der stärkste Beweiß, daß „ein solches Wesen vorhanden, und der Urheber die„ser Gesetze sey?" Bey dieser Wendung mag die Sache hingehen; aber immer bleibt die gewählte Schlußart nicht die sicherste: der Gegner der Vorsehung wird dabey

Digitized by Google

tausend Mittel übrig behalten, aus eben den vorausgesetzten Eigenschaften der Gottheit Dinge herzuleiten, die in der wirklichen Welt nicht statt finden.

Teleskop, s. **Fernrohr, Spiegelteleskop.**

Temperatur, Temperatura, Temperies aëris s. coeli, *Température*. Diesen Namen giebt man der jedesmaligen fühlbaren Wärme des Luftkreises, oder dem Zustande der Luft in Absicht auf diese Wärme. Die Temperatur wird durch den Grad ausgedrückt, den das der Luft ausgesetzte Thermometer an einer bekannten Scale anzeigt, wobey aber die Scale, auf welche sich der angegebene Grad beziehr, ausdrücklich benamt werden muß, weil es deren mehrere giebt, s. **Thermometer.**

Wir nennen die Luft **warm**, wenn ihre Wärme größer ist, als die Wärme der äußern Theile unsers Körpers, **kalt**, wenn sie geringer ist. Die **mittlere oder gemäßigte Temperatur**, wobey ein gesunder Mensch, dessen Körper in Ruhe ist, die Luft weder warm noch kalt findet, läst sich etwa bey 54 Grad der fahrenheitischen, oder bey 10 Grad der reaum. Scale annehmen. Die Sommerwärme steigt in unsern Himmelsstrichen von 64 — 100 Fahr. oder 14 — 31 Reaum., die Winterkälte etwa von 20 bis — 4 Fahr. oder von — 5 bis — 16 Reaum.; ob man gleich ausserordentliche Beyspiele starker Fröste hat, wobey das Thermometer bis — 21 fahr. (— 24 Reaum.) gefallen ist, wie zu Leipzig im Februar 1785.

Sehr oft braucht man das Wort **Temperatur** auch von dem Grade der Wärme, den eingeschloßne Luft (in Zimmern und Gefäßen) oder andere Körper zeigen. Der freyen Luft ausgesetzt, nehmen alle Körper eine gleiche Temperatur an, lebende Thiere ausgenommen, die Wärme aus sich selbst hervorbringen, s. **Wärme, thierische.**

Endlich drückt man in der Musik durch das Wort Temperatur eine gewisse Einrichtung der Tonleiter nach bestimmten Verhältnißen, aus, s. **Ton.**

Teufel, cartesianische, s. **Cartesianische Männchen.**

Thau, Ros, *Roſcе.* So nennt man diejenige Feuchtigkeit, welche ſich ſehr oft Abends nach Untergang und früh vor Aufgang der Sonne, an die Pflanzen in Geſtalt von Tropfen anlegt, auch die Flächen anderer der Luft ausgeſetzten Körper überzieht. Dieſe Erſcheinung iſt beſonders in den Sommermonaten, nach heiſſen Tagen, und bey ſtillem heitern Himmel, bey uns ſehr gemein.

Die Alten glaubten, der Thau komme von den Sternen, oder werde doch ſehr hoch in der Luft erzeugt. Voſſius ſetzt den Urſprung deſſelben in die Höhe einer deutſchen Meile. Wegen dieſes vermeinten aſtraliſchen Urſprungs haben die Alchymiſten im Thaue große Geheimniße geſucht. Daher kömmt auch die angenommene Redensart, daß der Thau falle, welche keinesweges in buchſtäblichem Sinne zu nehmen iſt.

Chriſtian Ludwig Gerſten, Profeſſor zu Gieſſen, (Diſſ. Roris decidui errorem antiquum et vulgarem per obſ. et exp. nova excutiens bey ſ. Tentam. ſyſt. novi ad mutationes barometri ex natura elateris aërii demonſtr. Frf. 1733. 8.) bewieß zuerſt durch viele Verſuche, daß wenigſtens in Heſſen der Thau faſt immer aufſteige. Jede Pflanze thaut nach ihrer eignen Art und Structur der Gefäße: bey vielen ſammlen ſich die Tropfen an den äuſſerſten Spitzen und an den Rändern der Blätter, welches bey herabfallenden Tropfen unbegreiflich wäre: Pflanzen mit Glocken bedeckt, werden eben ſowohl vom Thaue benetzt, als freyſtehende. Körper, die auf Metallblechen lagen, wurden bey Gerſtens Verſuchen vom Thaue nicht naß. Aehnliche und noch ſorgfältigere Verſuche machte du Fay (Sur la roſée in den Mem. de Paris 1736.) bekannt. Er hieng Glasplatten in verſchiedenen Höhen über dem Boden wagrecht auf, und fand immer, daß nur ihre untere Fläche benetzt ward. Auch wurden die untern Platten eher naß, als die obern, und die Feuchtigkeit ſchien die, welche 31 Schuh hoch über dem Boden hiengen, erſt in einer halben Stunde zu erreichen. Gewiſſe Körper, z. B. Glas und Porcellan, traf der Thau weit ſtärker, als andere; auch gewiſſe Farben mehr, als andere. Wenn er

Glas auf einer Seite, nach Art der elektrischen Ladungsplatten belegte, so ward es nicht mehr bethaut. Hieraus schloß auch du Fay, daß der Thau nur aufsteige, und vermuthete, daß er mit der Elektricität in Verbindung stehe.

Musschenbroek (Introd. ad philos. nat. To. II. §. 2344. sqq.) bringt noch mehr Versuche bey, die er selbst zu Utrecht und Leiden über den Thau angestellt hat. Er glaubt, es gebe sowohl aufsteigenden, als fallenden Thau; doch jenen in größerer Menge. Diesen aufsteigenden Thau nennt er mit Boerhaave eine Ausdünstung der Erde und ein wahres Chaos aller Körper (terrarum halitum, & verum chaos omnium corporum). Henshaw (Philos. Trans. num. 3. p. 33.) hatte frisch gesammleten und durch ein leinenes Tuch gedrückten Maythau nicht ganz durchsichtig und von gelblicher Farbe gefunden; in gläsernen Gefäßen der Sonne oder Wärme ausgesetzt faulte er nicht; in hölzernen Gefäßen aber eher, als das Regenwasser. Musschenbroek hob Thauwasser in einer gläsernen Phiole 24 Jahr lang auf, und ließ es alle Winter frieren, ohne daß es seine Reinigkeit und Durchsichtigkeit verlohr, oder seinen Geschmack und Geruch änderte. Sonst sind die Nachrichten der Chymiker von den Bestandtheilen des Thaues sehr verschieden. Bergmann versichert doch, vorsichtig gesammleter Thau komme an Farbe, Geschmack und Geruch mit dem Regenwasser überein, zeige aber Spuren von Kochsalz und Salpetersäure. Daher dürfe man sich nicht wundern, daß das Gold bisweilen davon angegriffen werde, ob es gleich jetzt nicht mehr glücken wolle, das im Thaue gesuchte allgemeine Auflösungsmittel daraus zu erhalten.

Musschenbroeks Versuche lehren auch, daß mancher Thau auf alle Körper ohne Unterschied, mancher nur auf gewisse Körper, fällt. Glas und Porcellan werden naß, wenn polirtes Metall und Steine daneben trocken bleiben. Unter verschiedenen Arten von Leder nahmen das rohe Kalbfell, auch rother und gelber Saffian immer den meisten, blaues und schwarzes Leder den wenigsten Thau an. Von einer Tafel, die halb von Glas, halb von Metall war, ward

bey du Fay die erste Hälfte naß, die zweyte nicht. Legte man eine Glasscheibe über die Fuge, so setzte sich viel Thau auf das Stück über dem Glase, wenig oder nichts auf das andere über dem Metalle. Ein polirtes Stück Metall in einem gläsernen Napfe blieb trocken, wenn gleich der Napf feucht ward: aber ein Stück Glas in einem metallnen Napfe ward naß, indem der Napf trocken blieb. Musschenbroek vermuthet eine Mitwirkung der Elektricität, die er überhaupt bey der Erklärung der Ausdünstung zu Hülfe nimmt. Er fragt, ob vielleicht die Dünste steigen, wenn Elektricität hinzukömmt, und fallen, wenn sie wieder hinweggeht?

Er bemerkt übrigens, daß es bey starkem Winde niemals thaue, wie schon Aristoteles anführe. Der meiste Thau falle in Holland vom April bis zum October, meistens 2 — 3 Stunden nach Sonnenuntergang, und um Sonnenaufgang. Nach vorhergegangenem Regen, und überhaupt bey feuchtem Boden thaue es stark, ingleichen in den heissen Ländern, wo warme Tage mit kühlen Nächten abwechseln, wie Shaw vom wüsten Arabien bemerke, wo die Reisenden oft vom Thaue bis auf die Haut durchnetzt würden.

Le Roy (Sur l'élévation & la suspension de l'eau dans l'air et sur la rosée in den Mem. de Paris, 1751. p. 418.) gab aus seinem bekannten System über die Auflösung des Wassers in der Luft, eine sehr leichte Erklärung des Thaues. Nach diesem System verhält es sich mit dem Thaue eben so, wie mit dem Beschlagen der Fenster geheizter Zimmer im Winter, und mit dem Anlaufen kalter Körper, die man schnell in die Wärme bringt. Wenn die Sonne den Tag über sowohl die Erdfläche, als die Luft erwärmt hat, und nun unter den Horizont hinabsinkt, so wird der Luftkreis, wegen seiner geringern Dichte, eher, als die Erde, erkältet. Daher dauert die Ausdünstung der Erdfläche, der Pflanzen und des Wassers noch fort; sobald nun die aufsteigende Feuchtigkeit die äußere kalte Luft berührt, schlägt sie sich an den Oberflächen der Körper in Gestalt von Tropfen nieder. So läst auch die erkältete Luft selbst einen Theil des Wassers fallen, das sie bey wär-

Digitized by Google

merer Temperatur aufgelöset halten konnte. Wenn sich hingegen die Sonne des Morgens wieder nähert, so wird der Luftkreis zuerst bestralet und erwärmt; es schlägt sich aber das Wasser, das er enthält, an der kältern Erdfläche durch die Berührung derselben nieder, und hiezu kömmt noch, daß sich die erwärmte Luft in die Höhe erhebt, und ihr Abgang durch kältere Luft aus den benachbarten Gegenden ersetzt wird, welche so viel Feuchtigkeit, als die vorige wärmere, nicht mehr halten kan. Daher steigt, nach diesem System, der Thau des Abends und in der Nacht, und fällt des Morgens.

Herr de Sauſſure (Eſſais ſur l'hygrométrie. Eſſ. IV. §. 320. 325.), der das Auflösungssystem ebenfalls annimmt, bemerkt, der Abendthau sey bisweilen so häufig, daß das Hygrometer dabey bis auf den Punkt der gröſten Feuchtigkeit komme. Doch geschehe dieses noch weit öfter beym Morgenthau. In frischen und stillen Nächten, welche auf Regentage folgen, bleibe das Hygrometer die ganze Nacht hindurch unverändert auf dem Punkte der gröſten Feuchtigkeit, selbst wenn der Himmel vollkommen heiter sey, und die Sterne im schönsten Glanze erschienen. Diese vollkommne Durchsichtigkeit der Luft bey ihrer Sättigung mit Dünsten hält er für den stärksten Beweiß einer wirklichen Auflösung der Dünste in derselben. Uebrigens hat er gefunden, daß die Luftelektricität während des Thaues stärker werde.

Herr de Luc, der das Auflösungssystem schon in seinen Unterſuchungen über die Atmoſphäre bestritten hat, nimmt dennoch an, daß die Dünste nur bis zu einem gewiſſen Maximum, welches mit von der Wärme abhängt, in der Luft enthalten seyn können, und daß beym Thaue allemal dieses Maximum, oder die äuſſerste Feuchtigkeit, statt finde. Inzwischen macht er einen Unterschied zwiſchen dem Naßwerden der Pflanzen und der Feuchtigkeit anderer in der Luft aufgehangenen Körper (Neue Ideen über die Meteorologie, II. Th. §. 545.). Er schließt aus seinen bereits 1749 angeſtellten Verſuchen, daß beyde Phänomene aus verſchiedenen Urſachen entſpringen. In einem Faſſe ohne

Digitized by Google

Boden, in welchem in zwo verschiedenen Höhen Leinwand ausgespannt war, zog zur Zeit des Thaues die obere Leinwand viel Wasser ein, indem die untere nur wenig annahm. Ward hingegen zu gleicher Zeit ein Theil des Rasens mit Glasscheiben bedeckt, so ward das bedeckte Gras dennoch eben so feucht, als das unbedeckte, und die Scheiben waren alsdann oben und unten naß, da sie horizontal einen Fuß hoch über der Erde gehalten, sich nur von oben befeuchteten. Daher scheint ihm das Bethauen der Körper in der Luft von einem wahren Niederfallen des Wassers herzurühren, die Befeuchtung der Pflanzen aber nur den Zustand der Luft, der das Fallen des Thaues hervorbringt, zu begleiten, aber noch eine andere Ursache zu haben, die vielleicht vom Mechanismus der Vegetation abhängen möge. Die untere Befeuchtung aufgehangner Glasscheiben beweise, daß selbst während des Thaues die Ausdünstung noch reichlich fortfahre.

Bey Tage ist die Feuchtheit der untern Luftschichten geringer, weil sie wärmer sind, und also mehr Wasser enthalten können, oder nach Herrn de Luc Ausdrucke (Neue Ideen §. 558.), weil sie durch die Wärme mehr von ihrem Maximum entfernt werden. Bey Sonnenuntergang und in der Nacht nimmt die Wärme in der Luft ab, in der Erde aber und im Wasser bleibt sie, daher die Ausdünstung fortdauert. Durch die Abnahme der Wärme nähern sich die Dünste ihrem Maximum, durch die Fortdauer der Ausdünstung überschreiten sie dasselbe; daher durch ihr Anhängen und Niederfallen der Thau entsteht. Daß die positive Luftelektricität beym Thaue stärker wird, erklärt Herr de Luc (§. 830.) mit de Saussure dadurch, daß der Thau einen Leiter bilde, der die Elektricität der obern Schichten in die untern überführe, welche letztern sonst wegen der Mittheilung an die Erdfläche allezeit eine etwas schwächere Elektricität zeigten.

Herr Hube (Ueber die Ausdünstung und ihre Wirkungen in der Atmosphäre. Leipzig, 1790. gr. 8. Cap. 35 und 36.), welcher neuerlich das Auflösungssystem wiederum sehr scharfsinnig vertheidiget hat, giebt nach demselben eine

ziemlich vollständige Erklärung der Phänomene des Thaues. Er leitet den Thau nicht von wirklich niedergeschlagnen Dünsten, sondern von unaufgelößten Wasserbläschen her, die sich in der untern Luft befinden. Seine Gründe sind, daß sich beym Thaue die Erwärmung nicht zeigt, die sonst jede Fällung des Wassers aus der Luft begleitet, und daß das Thauwasser so unrein in Vergleichung mit dem Regenwasser ist. Es wird zu diesem Absetzen der Bläschen eine schnelle Auflösung erfordert, dergleichen bey trocknenden Körpern statt findet, dahingegen ganze Wassersammlungen, besonders bey gelinderer Wärme, langsamer dünsten, und den Bläschen Zeit genug verstatten, schon in der untern Luft völlig aufgelößt zu werden. Daher kömmt es, daß es in den gemäßigten Zonen nur auf dem Lande, nicht auf dem Meere, in der heißen Zone aber überall reichlich thaut. Die Erkältung der Atmosphäre fängt des Abends von unten an; daher setzt die untere Luft zuerst einige Bläschen an die Körper ab, die sie berühret. Die übrigen erheben sich in die obere Luft, welche sie stärker anzieht, bis auch diese nach und nach erkaltet, und sie absetzt. Daher werden von Körpern in verschiedenen Höhen allemal die untern eher vom Thaue feucht, als die obern, und die Feuchtigkeit hängt sich gewöhnlich mehr an die untern Flächen. Gegen Morgen wird der obere Theil der Atmosphäre kälter; die Bläschen senken sich also wieder gegen die Erde, und selbst der Wind, der sich alsdann erhebt, scheint ihre Anhäufung an der Erde zu befördern. In der Nacht selbst fällt kein Thau, weil sich die Bläschen, und selbst die aufgelößten Dünste, schon aus der untern Luft erhoben haben.

Der häufige Thau auf den Pflanzen ist nur zum Theil wahrer Thau, zum Theil Schweiß der Gewächse, der aus ihren einmal eröfneten Schweißlöchern dringt, und von der Luft wegen ihrer geringern Ziehkraft nicht, wie am Tage, aufgelöset werden kan. Am häufigsten findet man diesen Schweiß auf Pflanzen, welche die Nacht über bedeckt werden, weil sie wärmer bleiben, und die eingeschloßne Luft bald mit Feuchtigkeit gesättiget wird.

Digitized by Google

Zur Absonderung des Thaues trägt die Luftelektricität das allermeiste bey. Die positive Elektricität der Luft und der Bläschen wird durch die Kälte verstärkt, und letztere werden nun von allen Körpern, die nicht elektrisirt sind, angezogen, nähern sich ihnen bis zur Berührung, und bleiben an ihnen hängen, wenn ihre Adhäsion gegen sie stark genug ist. Fehlt diese elektrische Annäherung der Bläschen, so fällt kein Thau. Dies ist der Fall, wenn Tags vorher das + E der Atmosphäre sehr schwach gewesen ist, wenn Wolken oder andere Ursachen der Luft ihr + E rauben, worauf gewöhnlich Regen folgt, wenn starker Wind die langsame Annäherung der Bläschen an die Körper hindert u. s. w.

Setzt man der thauenden Luft Leiter aus, die nicht isolirt sind, so ziehen sie die Bläschen an, rauben ihnen ihr E, und behalten sie an sich, wenn die Adhäsion stark genug ist, wie z. B. bey Holz, Erde, rauhem Metall; polirte Metallflächen nehmen das Wasser nicht so leicht an, daher es die Luft an sich behält. Sind die Leiter gut isolirt, so nehmen sie bald gleiche Elektricität mit den Bläschen an, stoßen diese zurück und bleiben trocken. Legt man z. B. Metall auf Glas, so bleibt nicht nur das Metall, sondern auch rings um dasselbe ein schmaler Streif vom Glase trocken. Nichtleiter, wenn sie isolirt sind, oder auf schlechten Leitern ruhen, ziehen die Bläschen an, ohne Elektricität von ihnen anzunehmen, daher bleiben die letztern aus einer doppelten Ursache, wegen der Elektricität und Adhäsion, an ihnen hängen. Aus diesem Grunde werden Glas, Porcellan, Seide, Wolle, auf Holz, Gras u. dergl. gelegt, so reichlich vom Thau befeuchtet. Liegen aber Nichtleiter auf genau berührenden guten Leitern, die nicht isolirt sind, und also eine Art von Belegung ausmachen, so können sie an der untern Seite — E annehmen; sie rauben also der Luft ihr + E, stoßen die Bläschen stark ab, und bleiben trocken, wie schon du Fay an einer auf Metall liegenden Glastafel bemerkte.

Ich hoffe, man werde diese Erklärungen des Herrn Hube sehr befriedigend finden. Ob gleich das Auflösungs-

Digitized by Google

ſyſtem jetzt ernſtlich beſtritten wird, und aufs neue an Herrn Pictet einen überaus ſtarken Gegner gefunden hat, ſo kan doch der gröſte Theil der Hubiſchen Erklärungen mit geringer Abänderung auch in jedem andern Syſteme über die Ausdünſtung ſtatt finden, und was die Wirkungen der Luftelektrizität betrift, die ich noch bey keinem Schriftſteller ſo bündig und übereinſtimmend mit den Erſcheinungen erklärt gefunden habe; ſo iſt das, was Herr Hube hierüber ſagt, vollends ganz von allen Syſtemen unabhängig.

Man kennt unter den Namen des **Mehlthaues** und **Honigthaues** (ros melleus) gewiſſe klebrige Feuchtigkeiten, welche ſich bisweilen auf einmal auf den Blättern, Zweigen der Bäume und Pflanzen zeigen, die Vegetation hindern, den Früchten ſchaden, und deswegen vom Landmanne ſehr gefürchtet werden. Der Name verräth ſchon, daß man ſie gewiſſen ſchleimigen oder ölichten Beſtandtheilen einiger Arten des Thaues zugeſchrieben habe. Aber die Begriffe von dieſen Erſcheinungen ſind überhaupt noch viel zu unbeſtimmt, als daß man eine allgemeine Urſache davon anzugeben im Stande wäre. Manche Arten dieſes vermeinten Thaues können wohl aus Säften beſtehen, die aus den Bäumen oder Pflanzen ſelbſt ausſchwitzen, und von Krankheit oder Verderbniß derſelben herrühren: andere ſind ganz zuverläßig Säfte, die gewiſſe Inſecten ausſpritzen. So fand **Leche** (Geſchichte des Honigthaues, in den ſchwed. Abhandl. 1762. S. 89.), daß die Blattläuſe durch zwey auf dem Hinterleibe ſtehende Hörner ein ſüſſes Waſſer von ſich geben, das auf den Blättern und Zweigen eintrocknet, und ſonſt von den Bienen, Ameiſen u. dergl. verzehrt wird. Dies ſammlet ſich bisweilen in ſolcher Menge an, daß es von einem ſtarken Thau aufgelöſet herabfließt, und ganze Theile des Baumes mit einer klebrigen ſüſſen Feuchtigkeit überzieht. Aus den Blättern mancher Bäume, z. B. der Manna-eſche in Calabrien dringt auch da, wo ſie von Inſecten geſtochen ſind, ein ſüſſer Saft hervor, der zu Körnern verhärtet. So etwas iſt das bekannte Manna der Apotheken, von dem die Alten auch glaubten, daß es aus der Luft falle, bis man fand, daß be-

Digitized by Google

deckte Bäume deſſen eben ſo viel geben, als unbedeckte. Im übrigen kan es auch wohl ſeyn, daß der Thau, der ſo vielerley fremdartige Stoffe bey ſich führt, bisweilen etwas den Pflanzen ſchädliches enthält.

Sonſt befördert der Thau die Vegetation ungemein, und giebt oft bey anhaltender Dürre einen ſehr beträchtlichen Erſatz für den Mangel des Regens.

v. Muſſchenbroek Introd. ad philoſ. nat. To. II. §. 2344. ſqq.

Torb. Bergmann phyſ. Beſchreibung der Erdkugel durch Köhl. Zweyter Band, §. 112.

de Luc Neue Ideen über die Meteorologie, a. d. frz. Berlin u. Stettin, 1788. gr. 8. Th. II. an den angef. Stellen.

Hube Ueber die Ausdünſtung ꝛc. Leipzig, 1790. gr. 8. Cap. 35. 36.

Erxleben Anfangsgr. der Naturl. Vierte Aufl. durch Lichtenberg. §. 729. 730.

Thauwetter, Aufthauen des Eiſes, Regelatio, Glaciei ſolutio, *Dégel, Fonte de Glace*. Derjenige Zuſtand des Luftkreiſes, bey welchem das vorher gefrorne Waſſer, durch die wieder zunehmende Wärme, in den gewöhnlichen Zuſtand der Flüßigkeit zurückkehrt — oder bey welchem der Froſt aufhört, ſ. Froſt. Herr von Mairan (Diſſ. ſur la glace. Paris, 1738, vermehrt 1749. 8. v. Mairan Abhandl. vom Eiſe, a. d. franz. Leipzig, 1752. 8. S. 256. u. f.) hat hierüber Bemerkungen gemacht, welche mir hier eine Stelle zu verdienen ſcheinen.

Er nennt als allgemeine Urſachen des Thauwetters die Rückkehr der Sonne zu unſerer Halbkugel, ihre nicht mehr ſo ſchief auffallenden Stralen, den kürzern Weg, den ſie durch den Luftkreis und die Dünſte nehmen, die warmen und feuchten Südwinde, und vorzüglich, nach der ihm eignen Hypotheſe, die Eröfnung und Aufſchließung der äußern Theile des Erdbodens durch einen häufigern Ausbruch der innern Dämpfe, ſ. Centralfeuer.

Die gewöhnlichſten und bekannteſten Folgen des Thauwetters ſind das Austreten der Flüße, die Zerſtörung der Brücken durch den Stoß der ſtarken Eisſchollen, welche die

Flüße mit sich fortführen, und die Eisberge, die sich bisweilen durch die von den Wellen über einander geworfenen Eisschollen auf den Strömen oder mitten in den Eismeeren bilden. So hatte sich im Jahre 1608 in Lyon auf der Saone ein solcher Eisberg angehäuft; man kan über das vermeintliche Wunder seiner Zerstörung (welche allem Vermuthen nach durch Petarden bewirkt wurde) des Mezeray Auszug der Geschichte von Frankreich bey diesem Jahre nachlesen.

Es ist leicht zu erklären, warum die Kälte empfindlicher zu werden scheint, wenn sie ihrem Ende nahe ist, und Thauwetter bevorsteht. Dies ist mehrentheils nur Täuschung der Sinne, wie das Thermometer beweiset, welches fast allezeit zu Anfang des Thauwetters steiget. Es verbreitet sich aber alsdann in der Luft eine so große Menge Wassertheilchen oder kleiner zerschmolzener Eisstückchen, welche noch sehr kalt und dicht sind, daß dieselben, indem sie sich genauer, als die Luft, an unsere Haut anlegen, eine Empfindung von Kälte erregen, welche die Luft vorher nicht verursachte. So scheint uns ein Nebel, der in der That wärmer, als die umgebende reine Luft, ist, dennoch weit kälter, als diese. Zwar steht auch gewöhnlich das Thermometer nie tiefer, als kurz vor dem Thauwetter; das kömmt aber daher, weil die Kälte, die zugleich Ursache und Wirkung des Frostes ist, fast immer wächst, bis das Thauwetter einfällt. Gleichwohl kan man auch nicht läugnen, daß sich in dem Augenblicke, da das Eis eines ganzen Landes aufgeht, eine wirkliche Kälte durch die Luft verbreitet. Mairan erklärt dieses carteſianiſch aus der Menge ſubtiler Materie, welche alsdann auf die Zerſchmelzung verwendet, und der Luft und den Körpern entzogen werde: ſetzt man hier freye Wärme für ſubtile Materie, ſo iſt es die beſte Erklärung, die man nach den jetzigen Vorſtellungsarten von dieſem Phänomen geben kan.

In den gemäßigten Himmelsſtrichen ſcheinen Froſt und Thauwetter blos zufällig zu ſeyn. Die allgemeine Urſache des Wechſels der Jahrszeiten iſt hier nicht ſtark genug, um beydes zu beſtimmten periodiſchen Zeiten, oder auf eine be-

Digitized by Google

ständige Weise, hervorzubringen. Es friert und thaut in Paris zuweilen vor, öfter nach dem kürzesten Tage, und von Jahr zu Jahr in sehr verschiedenen Zeiten des Winters. Man hat hier Winter ohne Eis, und Frühjahre, Herbste, sogar Sommer mit Frösten. Man könnte fast zweifeln, ob hier die allgemeine und beständige Ursache jemals den Frost veranlasse, wenn sich diese Ursache nicht dadurch zeigte, daß es weit mehr Winter giebt, in denen es friert, als solche, in denen es nicht friert. Aber weiter gegen den Aequator zu giebt es gewiß Länder, in deren Parallel es aus dieser Ursache allein nie frieren würde; so wie gegen die Pole vermuthlich Länder, in denen es immer frieren müste.

Ein anhaltender starker Frost theilt festen Körpern, z. B. dicken Mauern, eine Kälte mit, die noch sehr lange fortdauert, wenn schon das Thauwetter die Luft wieder erwärmt hat, sonderlich an derjenigen Seite der Mauer, welche der äussern gelinden Luft am wenigsten ausgesetzt ist. So zeigen sich nach langen und starken Frösten die innern Wände der Treppen und anderer Mauern in den Häusern, die von geheizten Zimmern entfernt und vor der Sonne bedeckt sind, ganz mit Eis oder Schnee überzogen, weil die Luft die Wärme weit eher annimmt, als selbige die dicken Mauern durchdringen kan, welche noch immer so kalt und kälter, als Eis, bleiben; und weil überdies die Luft während des Thauwetters mit viel Feuchtigkeit und geschmolzenen Eistheilen überladen ist. Alle diese Wassertröpfchen oder Bläschen häufen sich nach und nach an den Mauern über einander an, und bilden eine dünne schwammige Eisrinde, die aus lauter getrennten Theilchen besteht, folglich, wie zerstoßnes Eis, weiß und dem Schnee ähnlich ist. Lange Fröste werden fast allemal sehr stark, und haben Zeit genug, die Steine zu durchdringen; daher zeigt sich nach ihnen auch allemal diese mehligte Rinde. So war in den Jahren 1729, 1741 ꝛc. die große Treppe des Louvre einige Tage lang 1 — 1½ Lin. und an manchen Orten auf 2 Lin. dick überzogen. Es ist ein Irrthum, wenn man diese Art von Schnee einer aus den Mauern kommenden Feuchtig-

Digitized by Google

keit zuschreibt. Aus der Mauer, die so kalt und wohl kälter, als das Eis ist, kan keine Feuchtigkeit heraus gehen, weil alle darinnen enthaltene gefroren seyn muß.

Etwas ähnliches zeigt sich an den äussern Wänden der metallenen, porcellanenen und irdenen Eimer, welche man mit Eis füllt, um das Getränk darinn abzukühlen; diese Gefäße sind ganz mit Wassertröpfchen bedeckt, die ihrer Fläche ein trübes mattes Ansehen geben. Diese Tröpfchen kommen aus der äussern Luft von den Dünsten, welche aus dem zergehenden Eise aufsteigen, und sich zuweilen in den Eisgruben, wie ein Rauch, zeigen. Sie würden am Eimer gefrieren, wenn es nicht die Dicke des Gefäßes oder das Wasser des schon zergangenen Eises verhinderte; noch eher würde dieses geschehen, wenn man die Kälte durch frisches Eis oder Salz verstärkte.

So wie die Entstehung des Eises am Rande und an der Oberfläche des Wassers anfängt, so nimmt auch das Aufthauen seinen Anfang an den Rändern, Spitzen, Ecken, Kanten, und dann an der ganzen der Luft ausgesetzten Oberfläche. Dennoch schmelzen auf der Fläche die Theile zuerst, welche zuletzt einfroren, und die Eisfäden, mit welchen die Gefrierung anfieng, zergehen gewöhnlich am spätsten, weil sie die stärkste Disposition zum Gefrieren, also die wenigste zum Aufthauen, haben.

Die allgemeine Ursache des Aufthauens wirkt blos durch die Berührung der festen oder flüßigen Körper, welche das Eis umringen, je nachdem dieselben mehr oder weniger warm sind, und also mehr oder weniger Wärme mittheilen. Feste Körper wirken unter gleichen Umständen desto stärker und schneller, je dichter sie sind, und in je mehr Punkten sie das Eis berühren. So schmelzt das Eis leichter durch die Berührung eines Metalls, welches über die Temperatur des Eispunkts erwärmt ist, als durch die Berührung von Holz oder Wolle, wenn auch gleich diese letztere Substanzen wärmer, als das Metall, sind.

Man erweiset dieses durch einen sehr deutlichen Versuch. Man nimmt zwey Stücken Eis von gleicher Größe und Gestalt, und legt das eine auf einen silbernen Teller,

Digitized by Google

das andere auf die flache Hand, so schmelzt das erste eher, als das letzte. Haguenot hat diesen Versuch 1729 vor der königlichen Societät zu Montpellier angestellt, und die Wirkungen verschiedener Metalle mit einander verglichen. Auf Kupfer schmolz das Eis eher, als auf andern Metallen, und auf einem Platt- oder Bügeleisen eher, als auf gewöhnlichem Eisen, vermuthlich darum, weil es vom Platteisen wegen seiner Glätte am genausten berührt ward.

Der zum Thauen erforderliche Grad der Temperatur ist, so viel man bis jetzt weiß, überall und an allen Orten einerley, und bestimmt einen festen Punkt des Thermometers, s. **Thermometer**. Doch hat Herr **Luz** (Anweis. Thermom. zu verfertigen. Nürnb. 1781. gr. 8. §. 129.) bemerkt, daß bey einfallendem Thauwetter das zergehende Eis allezeit um $\frac{1}{15}$ eines reaumürischen Grades wärmer, als sonst, ist.

Mairan Abhandl. vom Eise, a. d. franz. Leipzig, 1752. 8. S. 248. u. f.

Brisson Dictionnaire raif. de Phyf. Art. *Dégel.*

Theilbarkeit, Divisibilitas, *Diviſibilité.* Das allgemeine Phänomen der Körper, vermöge dessen sich jeder zertrennen, oder in kleinere, übrigens dem Ganzen ähnliche, Körper zerstücken läst, wenn eine hinlängliche äussere Kraft dazu angewendet wird.

Schon die Begriffe von Ausdehnung und Porosität führen, mit einander verbunden, auf den Begrif von Theilbarkeit. Ausdehnung setzt mehrere Punkte oder Orte voraus, in welchen zu gleicher Zeit Materie eines Körpers vorhanden ist; Porosität drückt den Gedanken aus, daß diese Orte durch leere Stellen unterbrochen werden. Dies zeigt, daß das, was sich in dem einen Orte befindet, nicht mit dem einerley seyn kan, was am andern Orte ist, daß also die Materie nicht einfach, sondern aus Theilen zusammengesetzt ist, von denen man sich gedenken kan, daß ihre Verbindung und Zusammenhang durch hinlängliche Kräfte könne aufgehoben werden. Hiemit stimmt nun auch die Erfahrung überein. Diese lehrt uns, daß wir alle

Digitized by Google

Körper, die nur nicht gar zu klein sind, wirklich in Theile zerlegen können, s. Theilung.

Daher verbinden wir den Begrif von Theilbarkeit mit unserm aus der Erfahrung gezogenen Begriffe vom Körper überhaupt, gedenken uns keinen Körper anders, als theilbar, und zählen aus dieser Ursache die Theilbarkeit zu den allgemeinen Phänomenen oder Eigenschaften der Körper.

Zwar hat die wirkliche Theilung der Körper durch künstliche Mittel ihre Grenzen, und wir müssen endlich bey Theilen stehen bleiben, die sich durch alle unsere Geschicklichkeit nicht weiter zertrennen lassen. Die Natur übertrift hierinn die Kunst bey weitem, und ihre Theilungen übersteigen oft unsere Einbildungskraft; allein auch die Kunst vermag die Theilungen der Körper unglaublich weit zu treiben. Es wird hier der Ort seyn, aus den Schriften der Physiker einige Beyspiele von ungemein feinen natürlichen und künstlichen Theilungen anzuführen.

Von der Feinheit des Lichts, wenn man anders dasselbe für einen materiellen Stof annimmt, s. Licht (Th. II. S. 889.). Eben diese Bewandniß hat es mit andern hypothetischen Stoffen, z. B. dem Aether, Wärmestof, Phlogiston, der elektrischen, magnetischen Materie u. s. w., welche selbst bey der dichtesten Zusammendrängung nicht als palpable oder merklich wägbare Materien (ponderabilia) dargestellt werden können. Von der äusserſten Feinheit gewisser Ausflüße von Blumen u. dergl. hat schon Boyle (Exerc. de mira subtilitate effluviorum in Opp. Genev. 1680. 4.) eine Menge merkwürdiger Beyspiele gesammlet, deren einige beym Worte Ausflüsse (Th. I. S. 216.) erwähnt werden. Einige Tropfen eines wohlriechenden Liquors langsam über dem Feuer einer Lampe verdampft, erfüllen große und hohe Säle an allen Stellen mit merklichem Geruch, und die Feinheit der Theile, in welche der Liquor hiebey getrennt werden muß, übersteigt alle Erwartung, wenn man sein Volumen in tropfbarer Gestalt mit dem körperlichen Raume vergleicht, durch den sich seine Ausflüße verbreiten.

Digitized by Google

Andere Beyspiele seiner Theilungen geben die Auflösungen und Niederschläge. Ein Gran Kupfer in Salmiakgeist aufgelöset, färbt 392 Cubikzoll Wasser mit einer sehr schönen blauen Farbe. Nimmt man an, in jedem Theilchen Liquor von der Größe eines Sandkorns, deren 1 Million auf den Cubikzoll gehen, befinde sich nur ein Theilchen Kupfer, so folgt, daß der Gran Kupfer in 392 Millionen Theile zertheilt sey. Man kan aber deren ohne Zweifel noch weit mehrere annehmen. Ein Gran Carmin färbt ebenfalls die vorige Menge Wasser roth, und zeigt also eine eben so feine Zertheilung. Aus einer sehr ansehnlichen Menge Wasser läst sich die geringste Menge von Eisenvitriol, welche etwa darinn enthalten ist, durch einen kleinen Zusatz von Galläpfeltinktur, oder andern zusammenziehenden Stoffen aus dem Pflanzenreiche, dergestalt niederschlagen, daß die ganze Masse trüb wird. Wenn sich der Niederschlag durch die Ruhe absondert, ist seine Masse oft so gering, daß man durch gehörige Rechnung seine Zertheilung in dem Zustande, da er das Wasser trübte, noch weit feiner, als in den vorigen Beyspielen, findet.

Von der Feinheit der Theilungen streckbarer Metalle, insbesondere des Goldes, s. **Dehnbarkeit.**

Ein einfacher Seidenfaden ist so dünn, daß er bey einer Länge von 360 Schuhen nur 1 Gran wiegt. Da nun der Zoll noch in 600, mithin der Schuh in 7200 Theile getheilt werden kan, deren jeder die Größe einer Haardicke hat, und also dem bloßen Auge noch sichtbar ist, so folgt, daß man durch Zerschneidung eines Fadens in solche Theile, einen Gran Seide im $360 \times 7200 = 2592000$ sichtbare Theile zertrennen könne.

In Wasser, das auf Pfeffer gegossen an der Sonne gestanden hatte, fand **Leeuwenhoek** durch seine Mikroskope Thierchen von dreyerley Größe, wovon die kleinsten nur den tausendsten Theil eines Sandkörnchens im Durchmesser hatten. Es giebt also Infusionsthierchen, deren körperlicher Inhalt nur den 1000000000sten Theil eines Sandkörnchens ausmacht. Dies sind demohnerachtet noch or-

Digitized by Google

ganiſirte Körper, die alſo noch weit kleinere Glieder, Gefäße und Saftheile in denſelben haben müſſen.

Noch mehr Beyſpiele und Berechnungen dieſer Art findet man bey Keill (Introduct. ad veram phyſicam. Oxon. 1700. 8. Lect. V.), Wolf Vernünft. Gedanken von den Wirkungen der Natur. Halle, 1723. 8. S. 3. u. f.), Reaumur (Mém. de Paris, 1713. p. 270.), Nollet (Leçons de phyſ. exp. Leç. I.), Nieuwentyt (Rechter Gebrauch der Weltbetrachtung, durch Segner. Jena, 1747. 4. Cap. 26.), Muſſchenbroek (Introd. ad philoſ. nat. To. I. §. 72.), und was insbeſondere die Auflöſung des Phosphorus in Oelen betrift, (ſ. Phosphorus Th. III. S. 485.), in einer akademiſchen Schrift von Albinus (Diſſ. de Phosphoro ſolido et liquido. Frf. ad Viadr. 1688. 4.).

Die abſtracte Ausdehnung, oder der geometriſche Raum läſt ſich unſtreitig ohne Ende theilen, weil dieſe Theilung nur idealiſch iſt, und im Begriffe vom Raum nichts liegt, was ihrer Fortſetzung jemals Grenzen ſetzen könnte. Ganz anders aber iſt es mit der wirklichen Theilung der Materie beſchaffen. Dieſe muß ſchon darum Grenzen haben, weil endlich die Theile ſo fein werden, daß ſie allen unſern Sinnen entgehen, und keine weitere Möglichkeit der Behandlung zulaſſen.

Aber es bleibt doch noch die Frage übrig, ob die Materie an ſich und ihrem Weſen nach nur bis auf eine gewiſſe Grenze, oder ohne Ende theilbar ſey? Dieſe Frage hängt mit der Vorſtellung zuſammen, die man ſich vom innern Weſen der Materie macht, und liegt alſo auſſer dem Gebiete der Phyſik, ſ. Materie. Das atomiſtiſche Syſtem nimmt freylich erſte untheilbare Beſtandtheile der Körper an, welche ſelbſt noch körperlich ſind, und ſich alſo wegen ihrer Ausdehnung, wenigſtens in Gedanken, noch müſten theilen laſſen, ob man gleich bey ihnen die phyſiſche Grenze der Theilung erreicht, ſ. Atomen. Die Monadologie hingegen ſieht die Materie als ein bloßes Phänomen an, das aus der Verbindung mehrerer unkörperlicher Dinge entſpringe. Nach dieſer Vorſtellungsart iſt die Materie nur

Digitized by Google

so weit theilbar, bis man auf einzelne Monaden kömmt; wäre nemlich diese Grenze erreicht, so würde das Phänomen der Materie gänzlich verschwinden. Fragt man, wie aus unkörperlichen Theilen dennoch körperliche Zusammensetzungen entstehen können, so antworten die Monadisten, daß daraus nicht Körper, sondern nur Phänomene entstehen, und daß überhaupt die Materie so, wie wir sie uns denken, nicht wirklich, sondern nur in unserer Vorstellung vorhanden sey. Dies alles läst sich nun weder behaupten, noch widerlegen: zum Glück aber bleibt die Naturlehre selbst, die sich blos an den sinnlichen Schein hält, bey allen diesen verschiedenen Meinungen über das Wesen der Materie, ungeändert.

Erxleben Anfangsgr. der Naturl. 4te Aufl. §. 23.
Gren Grundriß der Naturlehre, §. 36 — 38.

Theile der Körper, Theilchen, Partes corporum, Particulæ, *Parties des corps, Particules.* Was von einem Dinge weggenommen etwas übrig läst, heißt ein **Theil** des Dings. Dieser Begrif ist allgemein bekannt. Nachdenken und Erfahrung lehren, daß man von allen Körpern solche Theile und von diesen wieder andere u. s. w. absondern kan. Man stellt sich also den Körper als zusammengesetzt aus lauter kleinern unter einander verbundenen Körpern vor, deren Zusammenhang durch eine hinreichende äussere Kraft aufgehoben werden kan, s. **Theilbarkeit.** Diese kleinern Körper heissen **Theile,** oder wenn sie sehr klein sind, **Theilchen** des vorigen Körpers. Das Geschäft ihrer Absonderung von dem ganzen Körper und von einander selbst, heißt die **Theilung** (divisio, *division*).

Werden die Theile vom Körper blos so getrennt, wie sie in ihm nebeneinander liegen, d. i. durch Aufhebung ihres Zusammenhangs mittelst äusserer Gewalt, so heißt die Theilung eine **mechanische,** eine **Zertrennung,** wovon das Zerschlagen, Zerstoßen, Puchen, Zermahlen, Zerreiben, Zerschneiden, Zerreißen, Zerhobeln, Zerraspeln, Zerfeilen, Zerstampfen, Abtröpfeln, Abgießen, Zerspritzen u. dergl. Beyspiele sind. Die Theile selbst, welche man

auf dieſe Art erhält, heißen ſchlechthin **Theile**, **mechaniſche Beſtandtheile**, **gleichartige Theile**, **ganze Theile**, **Ergänzungstheile**, **Theile des Aggregats** (partes ſimilares, homogeneæ, integrantes, *partiæ intégrantes*) des Körpers. Sie ſind mit dem Körper ſelbſt von ganz gleicher Art und Beſchaffenheit; Eiſenfeile z. B. iſt noch immer Eiſen, Kohlenſtaub noch immer Kohle; es müſte denn der Körper ſchon an ſich aus einem Gemenge heterogener Theile beſtanden haben, wie z. B. der Granit aus Quarz, Glimmer und Feldſpath beſteht, in welchem Falle hier jedes heterogene Theilchen als ein eigner für ſich beſtehender Körper anzuſehen iſt.

Sehr oft aber ſind Körper, deren Maſſen durchaus gleichartig ſcheinen, dennoch aus Theilen zuſammengemiſcht, die ſich durch wechſelſeitige chymiſche Auflöſung verbunden, und dadurch einander in ihrer Beſchaffenheit verändert haben. So beſteht der Zinnober aus Queckſilber und Schwefel, der Schwefel aus Vitriolſäure und brennbarem Weſen, das Glas aus feuerbeſtändigem Laugenſalze und Kieſelerde, u. ſ. w.

Die Chymie zeigt Mittel, dieſe zu einer dem Anſcheine nach gleichartigen Maſſe verbundenen Stoffe wieder zu ſcheiden und abzuſondern. Dieſe Abſonderung heißt die **chymiſche Theilung**, **Zerſetzung**, **Zerlegung**, **Scheidung** (analyſis chymica, disjunctio). Die hieraus erhaltenen Theile, welche bey ihrer Verbindung den Körper, als ein Produkt von anderer Beſchaffenheit, erzeugt hatten, heiſſen **Beſtandtheile**, **chymiſche Beſtandtheile**, **Grundſtoffe**, **ungleichartige Theile**, **Theile der Miſchung** (partes diſſimilares, heterogeneae, conſtitutivae, principia, *Principes des corps*).

Dieſe Beſtandtheile, welche man durch die chymiſche Zerlegung zuſammengeſetzter Körper erhält, ſind oft ſelbſt noch zuſammengeſetzt, und laſſen ſich weiter zerlegen. In dieſem Falle heiſſen ſie **nähere Beſtandtheile**, **gemiſchte Grundſtoffe** (principia proxima, principiata, mixta), ſo wie ihre weitern Beſtandtheile **entferntere** (principia remota). Solche endlich, die ſich gar nicht weiter in

Digitized by Google

ungleichartige Theile zerlegen laſſen, führen den Namen der erſten oder einfachen Grundſtoffe, Uranfänge, Urſtoffe, Elemente, ſ. die Art. Beſtandtheile, Grundſtoffe, Elemente.

Aus ſeinen mechaniſchen Theilen wird ein Körper durch das bloße Nebeneinanderlegen und die Cohäſion derſelben zuſammengeſetzt. Dieſe Art der Zuſammenſetzung, wobey der entſtandene Körper mit den Theilen ſelbſt von gleicher Beſchaffenheit iſt, heißt die Zuſammenhäufung (aggregatio), und ein ſo entſtandenes Product ein Aggregat.

Aus den chymiſchen Beſtandtheilen hingegen entſteht der Körper, indem ſich dieſelben vermöge ihrer chymiſchen Verwandſchaft wechſelſeitig auflöſen, und ein ganz neues Product von anderer Beſchaffenheit erzeugen. Dieſe Art der Zuſammenſetzung heißt die Miſchung (mixtio, ſynthesis chymica) und das ſo entſtandene Product ein Gemiſch. Werden ungleichartige Theile ohne wechſelſeitige Auflöſung nur ſo nebeneinander geſtellt, und durch Cohäſion verbunden, daß ſie das Auge, wenigſtens mit Hülfe des Mikroſkops, noch unterſcheiden kan, ſo iſt dieſe Art der Zuſammenſetzung eine bloße Vermengung, und der ſo entſtandene Körper, der keine durchaus gleichartige Maſſe bildet, z. E. der Granit, die Breccia, heißt ein Gemeng, ſ. den Artikel Aggregat.

Man ſieht hieraus, daß ſich die Begriffe von Atomen und Elementen noch ſehr von einander unterſcheiden. Elemente ſind nur die Grenzen der chymiſchen Theilung; bey Atomen hingegen ſoll gar keine Theilung mehr, weder mechaniſche noch chymiſche, ſtatt finden. Wäre es alſo möglich, durch mechaniſche Theilung bis auf Atomen zu kommen, ſo müſten dieſe wohl zugleich Elemente ſeyn. Es ſcheint alſo, als müſte man z. B. aus dem Zinnober durch ſeine mechaniſche Theilung in Atomen (wenn ſie geſchehen könnte) endlich Phlogiſton, Vitriolſäure und Queckſilberkalk abgeſondert erhalten können? Ob dieſes aber wirklich geſchehen würde, iſt nicht auszumachen. So weit wir den Zinnober durch Pülvern theilen können, bleiben alle Thei-

Digitized by Google

le, die wir erhalten, immer noch Zinnober, und also chymisch zerlegbar. Was an der letzten Grenze der möglichen Theilungen statt finden würde, ist ein Geheimniß der Natur, dessen Erforschung unsere Kräfte bey weitem übersteiget.

Gren Grundriß der Naturlehre. §. 40 — 48.

Theilung, s. Theile der Körper.

Thermometer, Thermoskop, Wärmemaaß, Thermometrum, Thermoscopium, *Thermomètre*. Das Werkzeug zu Bestimmung der freyen oder fühlbaren Wärme der Luft und anderer Körper. Da diese Wärme alle bekannte Körper ausdehnt, so hat man daher Anlaß genommen, ihre verschiedenen Stufen durch die Größe solcher Ausdehnungen zu bestimmen, und unter einander zu vergleichen. Gewöhnlich braucht man dazu flüßige Körper, z. B. Queckſilber, Weingeist, Oel, Luft ꝛc., die in eine Glaskugel mit einer engen Röhre so eingeschlossen werden, daß ihre Oberfläche in der Röhre steigt, wenn sie sich ausdehnen, und fällt, wenn sie sich zusammenziehen. Der höhere Stand zeigt alsdann eine größere Wärme des flüßigen Körpers und des umgebenden Mittels, der niedrigere eine geringere an. Bisweilen gebraucht man auch feste Körper, z. B. Metalle, anstatt der flüßigen.

Man erfährt aber durch dieses Mittel nicht die Größe der Wärme selbst, sondern nur Größen und Verhältniße von Ausdehnungen, von denen es meistens nur allzugewiß ist, daß sich ihre Unterschiede gar nicht so, wie die Unterschiede der Wärme selbst, verhalten. Daher verdient ein solches Werkzeug den Namen des Thermometers (d. i. eines Maaßes der Wärme) gar nicht; und würde schicklicher Thermoskop oder Wärmezeiger heissen. Denn den Vortheil gewährt es doch allemal, daß sein Stand anzeigt, ob die Wärme größer oder geringer, als ein andermal sey, so wie auch wohlverfertigte Werkzeuge dieser Art durch einerley Stand zu aller Zeit und an allen Orten einerley Größe der Wärme anzeigen und darstellen, welches schon genug ist, um das Thermometer zu einem der wich-

tigſten Werkzeuge in den Händen des Naturforſchers zu machen.

Ich werde die Abhandlung von demſelben ſo ordnen, daß ich mit der Geſchichte ſeiner mannigfaltigen Einrichtungen den Anfang mache, dann von den Vorzügen der Queckſilberthermometer, der Beſtimmung feſter Punkte auf denſelben und der Vergleichung ihrer Scalen handle, hierauf die praktiſchen Vorſchriften zu Verfertigung der Thermometer und Anſtellung der Beobachtungen vortrage, und endlich mit einigen Nachrichten von den Luft- und Metallthermometern beſchließe.

Erfindung und erſte Einrichtungen des Thermometers.

Die Erfindung des Thermometers wird von den meiſten nach **Dalencé** (Traité des barometres, thermometres et notiometres. Amſt. 1688. 8.) dem **Cornelius Drebbel**, einem wegen vieler andern Erfindungen in der Mechanik und Optik berühmten Landmanne aus Alkmar in Nordholland, zugeſchrieben, durch den dieſes Werkzeug in der erſten Hälfte des vorigen Jahrhunderts in Holland und England bekannt ward. Dem Engländer **Robert Fludd** hat man dieſe Erfindung vielleicht nur darum zugeeignet, weil er in ſeinen ſchwärmeriſchen Schriften eine Menge ſeltſamer Dinge vom Thermometer vorgegeben hat.

Der berühmte paduaniſche Arzt **Sanctorius** (Comm. in Galen. Art. Med. ingl. Comm. in Avicenn. Fen. I.) erklärt ſich ſelbſt für den Erfinder eines Werkzeugs, das die verſchiedne Temperatur des Körpers der Kranken zu erforſchen diene. Daher haben **Poleni** (Inſtitut. philoſ. exper.), **Malpighi** (Opp. poſth. p. 30.), **Borelli** (De motu animal. II. prop. 175.) keinen Anſtand genommen, ihm die Erfindung des Thermometers beyzulegen; obgleich die beyden erſtern Florentiner, und ſonſt eben nicht partheyiſch für die Gelehrten der paduaniſchen Schule ſind. **Muſſchenbroek** (Introd. ad phil. nat. To. II. §. 1565.) ſagt, des **Sanctorius** Inſtrument ſey auswärtig nicht be-

Digitized by Google

kannt geworden, daher sich die frühe Verbreitung des Thermometers durch England und Holland aus dieser Quelle nicht herschreiben könne. Vom Viviani wird eben diese Erfindung dem Galilei, vom P. Fulgenzio dem großen venetianischen Theologen Paul Sarpi (insgemein Fra-Paolo genannt) zugeschrieben: beyden erst nach ihrem Tode, und vermuthlich aus der beyden italiänischen Panegyrikern nicht seltnen Eitelkeit, ihren Helden alle möglichen merkwürdigen Entdeckungen ihrer Zeit beyzulegen.

Das drebbelische Thermometer, wie es Dalence beschreibt, gab die Wärme durch Ausdehnungen der Luft an. In dem Gefäße CD (Taf. XXIV. Fig. 45.) befindet sich gemeines Wasser, mit Scheidewasser vermischt, damit es nicht so bald gefriere. Etwas im Scheidewasser aufgelöstes Messing giebt diesem Liquor eine grüne Farbe. Die leere Kugel A mit der Röhre AB wird so viel erwärmt, daß ein Theil Luft heraustritt, und dann in das Gefäß mit dem Liquor gesteckt. Wenn die Kugel erkaltet, zieht sich die Luft in ihr wieder zusammen, und der Druck der Atmosphäre treibt den Liquor durch B in die Röhre. Richtet man alles so ein, daß derselbe bey einer gemäßigten Temperatur etwa bis H steigt, so wird er nachher bey größerer Wärme unter H herabsinken, bey größerer Kälte über H hinaufsteigen. Die äussere Form dieses Instruments läst sich auf mancherley Arten abändern, deren einige von Leupold (Theatr. Aerostat. Tab. X.) abgebildet werden. Man kan, wie bey Fig. 46., die Röhre bey B wieder aufwärts biegen, und statt des Gefäßes eine Kugel C anschmelzen, die bey D offen, und etwa halb mit dem Liquor angefüllt ist. So läst sich das Ganze an eine Tafel befestigen, an der man längst der Röhre AB eine Gradleiter mit willkührlichen Abtheilungen anbringt. In dieser Gestalt beschreibt es Wolf (Nützl. Vers. Th. II. Cap. V. §. 56).

Es fällt in die Augen, daß auf dieses Werkzeug zugleich der Druck des Luftkreises wirkt, daher der Liquor höher steigt, wenn dieser Druck zunimmt, auch ohne daß sich die Wärme ändert. Der Stand des Liquors zeigt also nicht die Wärme allein an, er wird vielmehr durch eine zusam-

Digitized by Google

mengeſetzte, aus der Ausdehnung der Luft in A, der Ausdehnung des Liquors ſelbſt, und dem Drucke des Luftkreiſes zugleich reſultirende Wirkung beſtimmt. Inzwiſchen läſt ſich dieſes Luftthermometer wegen ſeiner großen Empfindlichkeit zu Beobachtungen brauchen, welche keine ſonderliche Genauigkeit erfordern, und ſo kurze Zeit dauren, daß man annehmen kan, der Druck der äuſſern Luft verändere ſich während derſelben nicht merklich. **Wolf** nennt es ein unvollkommnes Manometer: es iſt aber auch dieſes nur in dem Sinne, wie das varignoniſche Manometer, nemlich ſo, daß es die Dichte der eingeſchloßnen, nicht der äuſſern Luft, angiebt, ſ. **Manometer** (Th. III. S. 137).

Im **florentiniſchen Thermometer**, deſſen Erfindung den Mitgliedern der Akademie del Cimento zu Florenz um die Mitte des vorigen Jahrhunderts zugeſchrieben wird, werden Veränderungen der Wärme durch Ausdehnungen des **Weingeiſts** angegeben (ſ. Tentamina acad. del Cimento edit. *Muſſchenbroekii* P. I. p. 2 ſqq.). Die gläſerne Röhre AB Taf. XXIV. Fig. 47. und die daran befindliche Kugel, enthalten gefärbten Weingeiſt, der Raum über demſelben iſt ſo viel möglich luftleer gemacht, und das Ende A zugeſchmolzen. So ſteigt die Oberfläche des Weingeiſts H bey zunehmender Wärme höher, und ſinkt dagegen in der Kälte herab. Man bezeichnete die Stelle, wo H in einer **gemäßigten Wärme**, z. B. in einem tiefen Keller, ſtand, mit Null, und trug von da aus gleiche Abtheilungen von willkührlicher Größe, gemeiniglich 100 nach oben, und eben ſo viel nach unten. Jene nannte man **Grade der Wärme**, dieſe **der Kälte**. Man war hiedurch nicht im Stande, mehrere Thermometer ſo einzurichten, daß ſie in einerley Wärme auch einerley Grad zeigten, d. h. in der Sprache der neuern Phyſiker **übereinſtimmende** oder **vergleichbare Thermometer** (correſpondentia, concordantia, *correſpondans*, *comparables*) zu machen. Wer damals ſagte, ſein Thermometer habe den 20ſten Grad der Wärme gezeigt, ſagte eigentlich gar nichts: denn niemand konnte wiſſen, welche Sprache ſein Inſtrument führe, und ob nicht ein anderes bey eben der

Digitized by Google

Wärme einen ganz andern Grad würde gezeigt haben. **Wolf** schildert die Verwirrung, die in den Angaben seiner vier florentiniſchen Thermometer herrſchte, ſehr lebhaft (Nützl. Verſ. II. Cap. V. §. 67).

Gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts that **Renaldini**, Profeſſor zu Padua (Philoſophia naturalis. Patav. 1694. fol. Tom. III. p. 276.) den erſten Vorſchlag, dem florentiniſchen Thermometer beſtimmte Grade zu geben. Man ſolle, ſagt er, an der Röhre den Punkt bemerken, auf welchem der Weingeiſt ſtehe, wenn es mit Eis umgehen iſt; alsdann aber das Thermometer in eine Miſchung von 11 Theilen kalten Waſſers (aquae gelidae) und 1 Theile ſiedenden Waſſers ſetzen, und den Stand des Weingeiſtes wiederum bemerken, dann eben dieſes mit 10, 9, 8 Theilen kalten und 2, 3, 4 Theilen ſiedenden Waſſers wiederholen, oder auch den Raum zwiſchen den beyden erſten Punkten meſſen, und demſelben oberwärts längſt der Röhre noch 11 gleiche Räume zuſetzen, ſo habe man dadurch die Wärme des ſiedenden Waſſers in 12 gleiche Theile getheilt, und wenn an einem Orte der Weingeiſt auf der zweyten, am andern Orte auf der dritten Abtheilung ſtehe, ſo würden ſich die Größen der Wärme beyder Orte, wie 2 : 3 verhalten. Dies ſetzt voraus, das Werkzeug zeige abſolute Größen der Wärme, als ob die *aqua gelida* gar keine Wärme mehr enthielte; auch dehnt ſich der Weingeiſt nicht um gleiche Räume aus, wenn die Wärme um gleiche Unterſchiede wächſt. Bey allen dieſen Fehlern liegt dennoch in des **Renaldini** Verfahren wirklich der erſte Gedanke, den Eis- und Siedpunkt zu bemerken, und ihrem Abſtande eine beſtimmte Zahl von Theilen zu geben. Dies war für die damalige Zeit ſehr viel. Es iſt der Gedanke, den man noch jetzt braucht, und dem man nichts, als genauere Beſtimmungen dieſer Punkte, hat zuſetzen können. Man ließ ihn aber damals noch ganz unbenützt.

Newton (Philoſ. Trans. 1701. no. 270.) theilte eine Tafel über einige beſtändige Grade der Wärme mit, zu deren Beſtimmung er ein Thermometer von Leinöl gebraucht hatte, weil dieſe Materie weit mehr Hitze, als der

Weingeiſt, ohne zu kochen, erträgt. Er legte dabey die Punkte zum Grunde, an denen das Leinöl in zergehendem Schnee und bey der Wärme des menſchlichen Körpers ſtand. Den Raum zwiſchen beyden theilte er in 12 Theile oder Grade, fand alsdann die Wärme des ſiedenden Waſſers 34, die des geſchmolzenen Zinns, das zähe zu werden anfängt, 72 Grad u. ſ. w., welches er aber irrig für abſolute Größen der wirklichen Wärme annimmt.

Um eben dieſe Zeit erfand Amontons (Mém. de l'acad. de Paris. 1702. p. 1. ſqq.) ſein Taf. XXIV. Fig. 48. vorgeſtelltes Luftthermometer, welches aus der langen unten aufwärts gekrümmten Glasröhre ABC mit der angeſchmolzenen Kugel CD beſteht. Der Durchmeſſer der Röhre muſte unbeträchtlich gegen den Durchmeſſer der Kugel ſeyn. Die Kugel war voll Luft; in der Röhre aber befand ſich ſo viel Queckſilber, daß, wenn das Inſtrument in ſiedendem Waſſer ſtand, die Höhe der Queckſilberſäule über der untern Queckſilberfläche, oder HE, mit der Barometerhöhe zuſammengenommen, 73 pariſer Zoll betrug. War z. B. die Barometerhöhe 28 Zoll, ſo muſte HE 45 Zoll lang ſeyn. Amontons ſetzte alsdann bey H 73 Zoll, und trug längſt der Röhre pariſer Zolle und Linien herab, welche wie in der Figur rückwärts gezählt wurden, ſo daß bey E 28 Zoll geſtanden hätte, wenn es nöthig geweſen wäre, die Röhre ſo weit zu bezeichnen. Ward nun durch das Erkalten die Federkraft der Luft in D vermindert, ſo ſank die Queckſilberſäule herab, und ihr Stand gab eine gewiſſe Anzahl von Zollen an, von der man jedesmal ſo viel abzog, als die Barometerhöhe über 28 Zoll war, oder ſo viel hinzuſetzte, als dieſe unter 28 Zoll betrug, um dasjenige abzurechnen, was blos vom veränderten Drucke der Luft, und nicht von der Wärme, herkam. So fand ſich die Temperatur in den Kellern der pariſer Sternwarte 54 Zoll, die des gefrierenden Waſſers 51½ Zoll u. ſ. w.

So ſinnreich dieſes Werkzeug ausgedacht iſt, ſo hat es doch als Maaß der Wärme ungemeine Mängel. Es wird auf 4 Schuh lang, läſt ſich ſchwerlich ganz in ſiedendes Waſſer ſtellen, und nicht ohne Gefahr des Herausgehens

Digitized by Google

der Luft von einem Orte zum andern bringen. **Amontons** selbst sahe es blos als ein **Normalthermometer** an, nach welchem man den florentinischen Weingeistthermometern bestimmte Eintheilungen geben könnte. Aber auch hiebey wäre noch die Frage, ob sich Veränderungen des Volumens durch die Wärme genau eben so verhalten, wie die Veränderungen des Drucks, den eine bestimmte Luftmasse tragen kan. Ueberdies wird auch die Queckſilbersäule durch die Wärme ausgedehnt, ihr Stand bey C ändert sich, und macht den Anfang der Scale veränderlich, das Volumen der Luft selbst bleibt nicht ganz ungeändert, und sogar die Fähigkeit dieses elastischen Fluidi, seine Federkraft durch die Wärme zu ändern, nimmt bey zunehmendem Drucke zu, und verhält sich, wie **Amontons** (Mém. de Paris. 1703. p. 216.) gefunden hat, wie der Druck selbst. Endlich würden solche Thermometer verschieden seyn, je nachdem die bey ihrer Verfertigung in die Kugel CD eingesperrte Luft feuchter oder trokner, und von anderer chymischen Mischung gewesen wäre. Dieses Werkzeug kan indeß zu Abmessung der Dichten eingeschloßner Luft sehr gut gebraucht werden, s. **Manometer**.

Amontons legt übrigens einen großen Werth auf die von ihm gemachte Entdeckung, daß die Wärme des siedenden Wassers ein fester Punkt, oder immer eben dieselbe sey. **Renaldini** Vorschläge und **Newtons** Angaben lehren, daß man dies schon vor ihm gewußt habe; **Huygens** und **Papin** hatten sogar schon angezeigt, daß der Satz große Ausnahmen leide, wenn der Druck der Luft wegfällt oder sehr stark wird, s. **Sieden**.

Fahrenheits Thermometer.

Das große Verdienst, die ersten genau übereinstimmenden Thermometer gemacht zu haben, gehört unstreitig dem hiedurch so berühmt gewordenen Künstler aus Danzig, **Daniel Gabriel Fahrenheit**, der die Verfertigung von Wettergläsern als Gewerbe trieb, und sich in der Folge in Holland niederließ. Dieser schenkte **Wolfen** im Jahre

Digitized by Google

1714 zwey Weingeiſtthermometer von etwa 7 Zoll Länge, welche vollkommen mit einander übereinſtimmten (ſ. Relatio de novo thermometrorum concordantium genere, in Act. Erud. Lipſ. 1714. Aug. p. 380. ſqq. ingl. **Wolf** Nützl. Verſ. Th. II. Cap. V. §. 71), worüber **Wolf** damals äußerſt verwundert war, und den Grund in einer beſondern Beſchaffenheit des Weingeiſts ſuchte. Etwa zehn Jahr nachher wurde die Methode durch **Fahrenheit** ſelbſt (Philoſ. Trans. 1724. no. 381. p. 1. ſqq.) **Boerhaave** (Chem. Vol. I. Exp. 8. de igne, ed. Lugd. Bat. 1732. 4. p. 174.) und **Muſſchenbroek** (Tentam. Acad. del Cimento ed. Lugd. Bat. 1731. 4. p. 8. ſqq.) allgemein bekannt.

Fahrenheit nahm für die Grenze der gröſten möglichen Kälte diejenige an, welche er zu Danzig in dem ſtrengen Winter des Jahres 1709 beobachtet hatte, und die er allemal hervorbringen konnte, wenn er eine Miſchung von gleichen Theilen Schnee und Salmiak bereitete, ſ. **Kälte, künſtliche.** Setzte er die Kugeln ſeiner Thermometer in dieſe erkältende Miſchung, ſo ſank der Liquor eben ſo tief, als er bey der angeführten natürlichen Kälte in Danzig geſtanden hatte. Er bemerkte alſo dieſen Punkt mit **Null**, und es iſt derſelbe unter dem Namen des **künſtlichen Eispunkts** (*terme de congelation artificielle*) bekannt. Anfangs behielt auch dieſer Künſtler noch den Weingeiſt bey, und erſtreckte ſeine kleinern Thermometer von der angeführten Null bis zur natürlichen Wärme des Bluts im menſchlichen Körper. Der Zwiſchenraum zwiſchen beyden feſten Punkten war in 96 Grade getheilt. Von dieſer Art waren **Wolfs** Thermometer; auch ſagt Fahrenheit ſelbſt in den Transactionen, ſein 48ſter Grad halte zwiſchen der künſtlichen Kälte und der Wärme des menſchlichen Körpers das Mittel.

Bald aber fieng **Fahrenheit** an, ſeine Thermometer ſtatt des Weingeiſts mit **Queckſilber** zu füllen, welchen Vorſchlag **Halley** ſchon 1680 gethan hatte. Nach **Muſſchenbroek** (Introd. To. II. §. 1568.) ſoll dieſe vortheilhafte Abänderung ſchon ſeit 1709 geſchehen ſeyn. Wenn Fahrenheit das Volumen des Queckſilbers, das auf o ſtand,

Digitized by Google

in 11124 Theile theilte, so dehnte es sich bis zum Punkte der natürlichen Gefrierung des Wassers um 32, wenn man es in siedendes Wasser setzte, um 212, und wenn man das Queckſilber bis zum Kochen erhitzte, um 600 solcher Theile aus. Daher gab Fahrenheit dem Raume zwischen der künſtlichen Kälte und der Siedhitze des Queckſilbers, als der gröſten Wärme, die diese Materie anzeigen konnte, 600 gleiche Theile. Weil aber Thermometer von so groſsem Umfange nicht immer nöthig sind, so verfertigte er kleinere, die sich nur bis zur Siedhitze des Wassers erſtreckten, und an welchen der Zwischenraum zwischen beyden festen Punkten nur 212 Theile faſste. So entstand die noch jetzt gewöhnliche **fahrenheitiſche Scale**, die dem Thermometer zuerſt eine bestimmte und allgemein verständliche Sprache gab, und an deren Einrichtung und Empfehlung **Boerhaave** sehr groſsen Antheil hat.

Reaumüriſches Thermometer.

Um eben die Zeit, da die fahrenheitiſchen Thermometer bekannter wurden, gab Herr **von Reaumur** (Regles pour conſtruire des thermometres, dont les dégrés ſoient comparables in Mem. de l'Acad. de Paris. 1730. p. 452. ſqq. 1731. p. 250.) eine neue Einrichtung des **Weingeiſtthermometers** an. Er verdünnte Weingeiſt, der Pulver zündete, mit $\frac{1}{5}$ Waſſer, damit er in Stand geſetzt würde, etwas mehr Hitze ohne Kochen anzunehmen. Zum untern festen Punkte nahm er denjenigen an, bey welchem der Liquor steht, wenn die Kugel der zum Gefrieren des Waſſers hinreichenden Kälte ausgeſetzt ist. Dieſes ist der jetzt allgemein bekannte **natürliche Eispunkt, Gefrierpunkt, Aufthaupunkt** (punctum congelationis ſ. regelationis, *terme de la glace ou de congelation naturelle*). Er bestimmte diesen Punkt, indem er die Kugel in Waſſer einſenkte, welches durch eine um das Gefäſs gelegte Miſchung von geſchabtem Eis und Salz zum Gefrieren gebracht ward. An diesen Punkt setzte er die **Null** seiner Eintheilung, und nahm das Volumen des Weingeiſts,

Digitized by Google

wenn es bis dahin reichte, für 1000 an. Er unterſuchte durch ein ſehr ſinnreiches Verfahren, wobey Kugel und Röhre vermittelſt kleiner gläſerner Maaße mit Waſſer gefüllt wurden, wie viel jedes Tauſendtheilchen dieſes Volumens in der Röhre Raum einnehme. Weil er nun gefunden hatte, daß ſich ſein verdünnter Weingeiſt bis zur gröſten Hitze, die er im ſiedenden Waſſer anzunehmen fähig war, um 80 Tauſendtheile des gedachten Volumens ausdehne, ſo erſtreckte er ſein Thermometer bis auf den 80ſten Grad über Null, füllte es in gefrierendem Waſſer bis an den Eispunkt an, ließ den Liquor in ſiedendem Waſſer bis zum 80ſten Grade ſteigen, und bließ in dieſem Zuſtande das obere Ende der Röhre an einer Lampe zu.

Dieſes Thermometer ward mit großem Beyfall aufgenommen. **Nollet** (Leçons de phyſ. exp. ed. Paris, 1753. To. IV. p. 397.) erhebt es mit ausgezeichneten Lobſprüchen; es bleibt auch wegen der wichtigen Beobachtungen, zu denen man es gebraucht hat, auf immer merkwürdig. Dem Fehler der unbequemen Größe (weil die Maaße zum Füllen nicht ſo gar klein ſeyn dürfen) wäre wohl abzuhelfen, weil man kleinere Thermometer ohne Gebrauch der Maaße nach einem richtigen großen graduiren kan. Aber es haben **Martine** (Eſſay medical and philoſophical. Lond. 1740. 8. p. 200. ſqq.), **Deſaguliers** (Courſe of exp. phil. Lond. 1744. 4. Vol. II. p. 292.), **Muſſchenbroek** (Eſſai de phyſ. Leid. 1751. To. I. p. 457. u. Introd. To. II. §. 1573.), **Haubold** (Diſſ. de therm. Reaumuriano. Lipſ. 1771. 4.) und vorzüglich **de Lüc** (Unterſ. über die Atmoſph. Th. I. S. 554. u. f.) weit wichtigere Mängel an dieſem Werkzeuge entdeckt, die es, ſo wie die Weingeiſtthermometer überhaupt, zu richtigen Beſtimmungen untauglich, oder wenigſtens ſehr unbequem machen.

Es iſt ausgemacht, daß der Weingeiſt ohne beſondere Veranſtaltungen nie die Hitze des kochenden Waſſers ſelbſt annimmt; auch gefriert der verdünnte nach **Maupertuis** Erfahrungen ſchon bey natürlichen Graden der Kälte. Man kan nicht immer Weingeiſt von gleicher Güte haben, und mit der Zeit ändert derſelbe nach **Halley** (Phil. Trans.

Digitized by Google

num. 197. p. 650.) Muſſchenbroek und Haubolds eigner Erfahrung ſeine Ausdehnbarkeit durch die Verdünſtung. Auch nehmen ſeine Ausdehnungen einen ſehr ungleichen Gang; ſie eilen in der Wärme den Ausdehnungen des Queckſilbers vor, und bleiben in der Kälte zurück. Martine tadlet auch, daß die Kugeln der reaumüriſchen Thermometer allzugroß ausfallen, daher die Menge ihres Liquors die äuſſere Wärme nicht geſchwind und gleichförmig genug annimmt.

Daher konnte unmöglich zwiſchen dieſem und dem fahrenheitiſchen Thermometer die gewünſchte Uebereinſtimmung ſtatt finden. Reaumur ſelbſt (Mem. de Paris. 1739.) ſagt, um übereinſtimmende Werkzeuge beyder Art zu haben, müſſe man das Queckſilberthermometer nach dem ſeinigen graduiren. Nollet giebt an, 10 reaum. Grade wären 20½ fahrenh. gleich; allein es triſt dieſes nur in der Nähe des Eispunkts zu.

Das ſchlimmſte aber war, daß man ſich nun verſtattete, Queckſilberthermometer, auf denen man Eispunkt und Siedpunkt des Waſſers beſtimmt hatte, zwiſchen dieſen Punkten in 80 Theile zu theilen, und reaumüriſche Thermometer zu nennen, gerade, als ob ſie mit den eigentlichen reaumüriſchen Weingeiſtthermometern wirklich übereinſtimmend wären. Solche Werkzeuge können ſehr vortreflich ſeyn, aber es ſind nicht reaumüriſche Thermometer. Inzwiſchen hat man ſich in Frankreich einmal das Geſetz gemacht, Fahrenheits Eintheilung nicht anzunehmen, dem Queckſilberthermometer zwiſchen Eis- und Siedpunkt 80 Grade zu geben, und ihm Reaumurs Namen beyzulegen, welches letztere auch in andern Ländern allgemein angenommen iſt.

Hieraus entſteht nun die Zweydeutigkeit, daß man von einer nach reaumüriſchen Graden angegebnen Beobachtung nicht weiß, von welches Thermometers Graden ſie zu verſtehen ſey, wenn der Beobachter nicht ausdrücklich hinzuſetzt, ob er ein Weingeiſt- oder ein Queckſilberthermometer gebraucht habe. Beyderley Grade aber weichen, beſonders bey großer Hitze oder Kälte, ſehr weit von einander

Digitized by Google

ab. Maupertuis hatte zwey ſolche reaumüriſche Thermometer mit nach Lappland genommen. Am 3 Dec. 1736 ſtand der Weingeiſt auf 18, das Queckſilber auf 22 Grad unter Null; am 2 Jan. 1737 jener auf 25, dieſer auf 29. Am 6 Jan. ſtand der Weingeiſt bey 29 Grad, das Queckſilber bey 37; am Morgen darauf war jener gefroren, und hatte ſich dabey bis zum Punkte der Temperatur in den Kellern der pariſer Sternwarte ausgedehnt. Um den Siedpunkt iſt die Abweichung noch weit beträchtlicher. Herr von Reaumur und Nollet verſendeten zwar auf Beſtellung Thermometer von beyderley Art, die wirklich mit einander übereinzuſtimmen ſchienen. Haubold (Diſſ. cit. §. IX.) erhielt ein paar ſolche in Dreßden, die er ſowohl in den gewöhnlichen Temperaturen, als auch beym Eis- und Siedpunkte, wirklich übereinſtimmend fand. Bey genauerer Unterſuchung aber entdeckte er mit Verwunderung, daß auf dem Queckſilberthermometer die erſten 40 Grade über der Null im Verhältniße 8 : 9 kleiner gezeichnet wären, als die 40 obern, und die unter Null; ſo daß neben der Null zwey ganz ungleiche Grade unmittelbar nebeneinander ſtanden. Solche gefliſſentliche Bemühungen, Fehler einer Erfindung zu verbergen, verrathen doch mehr eitle Ruhmbegierde, als Aufrichtigkeit. In Waſſer, das nach und nach erwärmt ward, ſtieg auch der Weingeiſt ſchneller, als das Queckſilber, dagegen war er in der Kälte träger, und blieb zurück.

Eben ſo hat ganz neuerlich Goubert (Recherches ſur les differences, qui exiſtent entre les thermometres de Mercure et ceux d'eſprit-de-vin. Paris, 1789. 8.) vorgeſchlagen, den Raum zwiſchen Eis- und Siedpunpt zuerſt in 90 gleiche Theile, dann aber drey Stücke deſſelben von 0 bis $25\frac{1}{2}$; $25\frac{1}{2}$ — $54\frac{3}{4}$; $54\frac{3}{4}$ — 90; jedes für ſich in 30 gleiche Theile zu theilen.

Herr de Lüc hat endlich durch mühſame Unterſuchungen eine genaue Vergleichung des wahren reaumüriſchen Weingeiſtthermometers mit dem Queckſilberthermometer von 80 Graden zu Stande gebracht, aus der ich hier folgenden Auszug mittheile.

Digitized by Google

	Queckſ. Therm. v. 80 Gr.	Reaum. Weingeiſttherm.
Siedpunkt des Waſſers	80	100,4
	70	85,2
Siedp. d. reaum. Weing. Therm.	66,6	80
	60	70,8
	50	56,8
	40	44,2
	30	32,6
Wärme des menſchl. Körpers	29,9	32,5
	20	21,1
	10	10,6
Temp. der Keller der Sternw.	9,6	10,25
Zergehendes Eis	0	0,8
Null des reaum. Therm.	— 0,8	0
	— 10	— 8,5
	— 15	— 13,1
2 Theile zerg. Eis, 1 Th. Salz	— 17	— 15

Man ſieht hieraus, wie nöthig es ſey, beyderley Thermometer genau zu unterſcheiden. Unter den ältern Beobachtungen finden ſich viele, die ganz auffallend und unerklärbar bleiben, wenn man vergißt, auf dieſen Unterſchied Rückſicht zu nehmen.

Einige haben, um mehr Uebereinſtimmung zu erhalten, dem Queckſilberthermometer 90 Grade ſtatt 80 gegeben, wodurch ſich jede Zahl der erſten Columne in voriger Tafel um $\frac{1}{8}$ vergrößert, und nun der zugehörigen in der zweyten Columne näher kömmt. Dies hat ſelbſt Nollet gethan, und die Urſache, die ihn hiezu antrieb, war auch der Grund, warum man auf dem von Haubold unterſuchten Queckſilberthermometer die erſten 40 Grade um ein Neuntel verkleinert hatte. Daher iſt es denn gekommen, daß man auch eine ſogenannte reaumüriſche Scale von 90 Graden hat. Braun (Nov. Comm. Petrop. To. VII.) giebt in der Vergleichungstafel dem *Reaumur eſprit-de vin* 80, und dem *Reaumur-mercure* 93 Grade. Hier ſieht man nun vollends nicht ein, mit welchem Rechte ein ſolches Thermometer Reaumur's Namen führe.

Digitized by Google

Uebrigens hat Reaumur selbst Weingeist von verschiedener Güte gebraucht, namentlich eine Sorte, deren Volumen im gefrierenden Wasser 400, im siedenden 437 Theile hielt. Diese Zahlen verhalten sich, wie 1000: 1090¼, daß also ein Thermometer mit diesem Liquor gefüllt, selbst nach Reaumurs eigentlichen Grundsätzen, 90¼ Grade bekommen muste. Hieraus wird man leicht übersehen, welche Sprachverwirrung dieses so gepriesene Werkzeug veranlasset habe.

de l' Jslisches Thermometer.

De l'Jsle (Mem. pour servir à l'hist. et aux progrès de l'astr. et de la geographie phys. à St. Petersbourg. 1738. 4. p. 267.) legte 1733 der Akademie zu Petersburg ein Queckſilberthermometer vor, dessen Einrichtung von einem einzigen festen Punkte, dem Siedpunkte des Wassers, und dem Verhältniße der Verdichtung durch die Kälte abhieng. Er setzte dem zufolge die Null an den Siedpunkt, und zählte die Grade, welche Hunderttausend- oder Zehntausendtheilchen des ganzen Volumens vorstellen sollten, von oben herab. Seine mühsame Methode, die Grade zu bestimmen, läst sich etwa so begreiflich machen. Das Gewicht des Queckſilbers, das Kugel und Röhre ganz anfüllt, heisse = p; das Gewicht dessen, was oben heraus läuft, wenn man das volle Thermometer in siedendes Wasser setzt, sey = a. Läst man hierauf alles erkalten, und wieder zur vorigen Temperatur der äussern Luft kommen, so sinkt das Queckſilber, und läst so viel Raum leer, als vorher bey eben der Temperatur das, welches a wog, eingenommen hatte. Daher macht der leergewordene Theil der Röhre soviel Zehntausendtheile vom ganzen Volumen aus, als a von p, d. i. $\frac{10000\,a}{p}$. Theilt man ihn wirklich in so viel gleiche Theile, so hat man die Grade, deren man nun mehrere bis an die Kugel forttragen kan, vorausgesetzt, daß die Röhre überall von gleicher Weite ist.

Diese Methode erfordert, daß sich die äussere Temperatur während des Versuchs nicht ändere, wenigstens in

den beyden Zeitpunkten einerley sey, da die volle Röhre gewogen, und da der leere Raum bestimmt wird. Weirbrecht (De thermometris concordantibus in Comm. Petrop. To. VIII. p. 310.) wählte zu seinen sehr genauen Versuchen hierüber das Mittel, die Kugel in den beyden angegebenen Zeitpunkten in das Wasser der großentheils gefrornen Neva zu setzen. Dennoch fielen die Resultate mehrerer Versuche nicht ganz gleichförmig aus. Die Zusammenziehung vom Siedpunkte bis zur Temperatur des zergehenden Eises betrug zwischen 148,2 und 161,5 Zehntausendtheile. De l'Isle hatte 153 angenommen; bey der Eintheilung selbst aber die runde Zahl 150 gewählt, welche Einreichung der de l'islischen Scale noch jetzt gewöhnlich ist.

Es ist äusserst schwer, ein richtiges Werkzeug nach dieser Methode zu verfertigen. Soll es genau ausfallen, so muß es sehr groß seyn, welches die Empfindlichkeit hindert. Auch wollte de l'Isle auf diese mühsame Art nur Normalthermometer (*étalons*) verfertigen, und die übrigen blos durch Vergleichung mit jenen graduiren. Herr de Luc bemerkt, daß die Verschiedenheit der Resultate über den Eispunkt bey diesem Thermometer, von der Ausdehnung des Glases herrühre, deren Größe bey jeder Glasart eine andere ist. Dieser Umstand, sagt er, mache alle Einrichtungen unsicher, welche sich auf Verhältniße der Grade zum ganzen Volumen beziehen; und nöthige uns daher, die Scale der Thermometer mit Newton und Fahrenheit nicht auf einen einzigen, sondern auf zween feste Punkte der Wärme zu gründen.

Verschiedene andere Thermometer.

Die bisher erzählten Einrichtungen dieses Werkzeugs sind die vornehmsten. Von den unzählbaren Abänderungen der Scalen und andern Vorschlägen will ich hier nur einige anführen, die in irgend einer Absicht merkwürdig sind.

Die Akademisten zu Florenz hatten zwar keine bestimmte Scale. Ihre meisten Beobachtungen aber sind mit zwey Thermometern gemacht, von denen man so viel weiß, daß das größere im Eise auf 20, und bey der natürlichen Wärme des thierischen Körpers auf 80 stand, das

kleinere aber bey eben dieſen Temperaturen 13¼ und 40 zeigte.

Das von de la Hire verfertigte alte Thermometer der pariſer Sternwarte, womit viele Beobachtungen gemacht ſind, zeigte in Waſſer, welches zu gefrieren anfängt, 28 Grad (welches mit 51 Zoll 6 Lin. auf Amontons Luftthermometer übereinſtimmt), in den Kellern der Sternwarte 48. Briſſon aber giebt nach demſelben die künſtliche Kälte durch Eis und Salz 5, den Gefrierpunkt 32, die Temperatur der Keller 48, die thieriſche Wärme 86 an.

Der Marcheſe Poleni machte ſeine vielen Wetterbeobachtungen mit einem Luftthermometer, das aber weniger Queckſilber enthielt, als das von Amontons. Nach Martine ſtimmen 47 Zoll bey Poleni mit 51 bey Amontons, und 53 bey jenem mit 59½ bey dieſem überein.

In England graduirte man die Thermometer lange Zeit nach einem bey der königl. Societät aufbewahrten Normalthermometer von Weingeiſt, deſſen Grade von oben herab gezählt waren. Bey Null ſtand ſehr warm, bey 25 warm, bey 45 gemäßigt, bey 65 Gefrierung. Martine fand die Null mit 89 nach Fahrenheit, und 34½ Grad mit 64 nach F. übereinſtimmend.

Die in den engliſchen Gewächshäuſern üblichen fowleriſchen Thermometer werden ebenfalls nach einem Originale graduirt. Ihre Null ſteht bey der Temperatur der Luft, wenn es weder kalt noch warm iſt. Nach Martine ſtehen ſie im zergehenden Schnee auf 34 unter Null, und bey Fahrenheits 64 auf 16 über Null.

D. Hales braucht in ſeinen Vegetable Statiks ein Thermometer, das am Eispunkte auf Null, bey der Temperatur, in der geſchmolznes Wachs zu geſtehen anfängt (welche nach Martine 142 Grad bey Fahrenheit iſt) auf 100 ſteht.

In den edinburgiſchen Medical Eſſays werden die Wetterbeobachtungen nach einem Thermometer angegeben, das von einem willkührlichen Punkte aus in Zolle und Zehntheile getheilt iſt. Nach Martine ſteht es in zergehendem Schnee auf 8, 2, bey der Wärme des menſchlichen Körpers auf 22, 2 Zoll.

Micheli Dücreſt aus Genf (Deſcription de la methode d'un thermometre univerſel. à Paris. 1742. 8. Re-

cueil des pieces sur les therm. & barom. à Bâle. 1757. 4. Mich. du Creſt kleine Schriften von den Therm. u. Bar. überſ. v. M. J. C. Thenn. 3te Aufl. Augſp. 1770. 8.) entwarf im Jahre 1740 den Plan einer neuen Einrichtung des Weingeiſtthermometers. Er nahm zwo beſondere Materien der Kälte und Wärme an, deren Wirkungen ſich im Innern der Erde völlig aufhöben, daher die Temperatur der Erdkugel bey ihm Null wird. Er bemerkte dieſe Temperatur in den Kellern der pariſer Sternwarte, glaubte, ſie müſſe an allen unterirdiſchen Orten ebendieſelbe ſeyn, und gab ihr den Namen: Gemäßigt (*le tempere*). Sein zweyter feſter Punkt war die Siedhitze des Waſſers. Damit der Weingeiſt genöthigt würde, dieſe anzunehmen, ohne daß er herausliefe, ließ er Luft über demſelben, und ſchmolz oben eine kleine Kugel an, damit dieſe Luft beym höchſten Stande des Weingeiſts nicht allzuſehr zuſammengedrückt würde. So half er wirklich einem der gröſten Fehler der vorigen Weingeiſtthermometer ab, in welchen der Liquor weit unter der Siedhitze des Waſſers geblieben war. Den Raum zwiſchen beyden Punkten theilte er in 100 Grade der Wärme, und trug unter die Null gleiche Grade der Kälte.

Alle dieſe waren Weingeiſtthermometer. Am Queckſilberthermometer theilte der Prof. Chriſtin zu Lyon den Raum zwiſchen Eis- und Siedpunkte in 100 gleiche Theile ein, welches viel Bequemlichkeit giebt. Doch ſcheint Chriſtin nicht ſowohl auf dieſe zwey feſten Punkte ſelbſt, als auf das Ausdehnungsverhältniß des Queckſilbers geſehen zu haben, welches er zwiſchen beyden Punkten wie 66: 67 annahm, ſo daß ſeine Grade eigentlich 6600theile des ganzen Volumens vorſtellen ſollen.

Der Profeſſor Celſius in Upſala (Von zween beſtändigen Graden auf dem Thermom. in ſchwed. Abhandl. 1742. S. 197.) hält es mit Recht für beſſer, blos auf zween feſte Punkte zu ſehen, als auf Ausdehnungsverhältniße Rückſicht zu nehmen, deren genaue Beſtimmung ſo ſchwer iſt, und durch ſo mancherley Umſtände verändert wird, daß man daraus keine allgemeine Norm für alle Thermometer herleiten kan. Er nimmt daher an, auf jedem Ther-

Digitized by Google

mometer solle der Stand des Queckſilbers im zergehenden Schnee und im kochenden Waſſer unterſucht werden, und ſchlägt vor, den Raum zwiſchen beyden allezeit in 100 Grade zu theilen. Die ſchwediſchen Gelehrten ſind ihm hierinn gefolgt, und man nennt dieſe bequeme Theilung in 100 Grade die **ſchwediſche Scale**, auch die **Scale des Celſius**, oder **Chriſtin**.

Das Publikum ſcheint ſtillſchweigend die genannten zween feſten **Punkte** zur Regel angenommen zu haben. Man hat ſich allgemein darüber vereiniget, ſie an jedem Queckſilberthermometer durch unmittelbare Verſuche zu beſtimmen, und ihren Abſtand, den **Fundamentalabſtand, Fundamentalraum** (Diſtantia fundamentalis, Intervallum fundamentale) in eine Anzahl gleicher Theile oder **Grade** zu theilen.

Wieviel dieſer Theile ſind, und wie ſie gezählt werden, iſt an ſich gleichgültig, wenn man ſich nur beſtimmt darüber ausdrückt. Theilt man in 180, und ſetzt an Eis- und Siedpunkt 32 und 212, ſo hat man das **fahrenheitiſche**; theilt man in 150, und zählt die Grade von oben herab, das **de l'isliſche**; theilt man in 80, und zählt von unten hinauf, das **reaumuriſche Thermometer**, oder richtiger, das **Queckſilberthermometer von 80 Graden**. Manche theilen auch das ſogenannte reaumuriſche in 90. Freylich aber weichen dieſe jetzigen Einrichtungen von den Ideen der Erfinder, deren Namen ſie führen, in mancherley Umſtänden ab. Theilt man endlich in 100, ſo erhält man **Chriſtins** oder **Celſius Thermometer**. Dieſe Werkzeuge ſelbſt ſind in dieſem Sinne alle einerley; blos die Scalen ſind verſchieden.

Die Anzahl ſolcher Scalen erſtreckt ſich noch weit höher, weil man ſich verſtattet hat, dem Thermometer faſt zu jeder beſondern Anwendung eine eigne Scale zu geben. So hat Herr **de Lüc** (ſ. **Barometer**, Th. I. S. 261. **Höhenmeſſung**, Th. II. S. 625.) zwo neue Scalen, eine zur Berichtigung des Barometerſtands wegen der Wärme des Queckſilbers, die andere zur Berichtigung der berechneten Höhen wegen der Temperatur der Luft, vorge-

Digitized by Google

schlagen. Die erste dieser Scalen muß wieder für jede andere Barometerhöhe verhältnißmäßig verändert werden. Ich würde kein Ende finden, wenn ich alle in ähnlichen Absichten vorgeschlagne Scalen zusammensuchen wollte.

Ich glaube nicht, daß durch solche Vervielfältigungen der Scalen der Naturlehre ein wahrer Dienst geschehe, da sich die Absicht allemal eben so leicht und sicher durch eine kleine Reduction nach Formeln oder durch voraus berechnete Tabellen erreichen läst. Die Sprache der Thermometer ist ohnehin, wie man aus dem bisherigen sieht, so zweydeutig, daß man sich billig enthalten sollte, zu Ersparung jeder leichten Rechnung noch einen neuen Dialect derselben einzuführen.

Man findet sonst noch schätzbare Nachrichten von den angeführten Einrichtungen und ihrer Vergleichung im **Leutmann** (Instrumenta meteorognosiæ inservientia. Witeb. 1725. 8.), **Bülfinger** (De thermometris & eorum emendatione in Comm. Petrop. To. III. p. 196.), **Wargentin** (schwed. Abhandl. 1749. S. 167.), **von Bergen** (Comm. de thermometris mensuræ constantis. Norimb. 1757. 4.), **Hennert** (Traité des therm. à la Haye. 1758. 8.), **van Swinden** (Diss. sur la comparaison des therm. Amst. 1778. 8.). Der **P. Cotte** (Traité de Meteorologie. Paris 1774. 4.) affektirt eine große Vollständigkeit in Aufzählung aller nur irgend bekannten Thermometer: aber die Nachrichten, die er von ihnen giebt, sind desto unvollständiger. Viele dieser Thermometer sind auch einerley, z. B. das von **Prins** (Fahrenheits Schwiegersohne) ist ganz das fahrenheitische selbst.

Vorzüge der Queckſilberthermometer.

Statt des Weingeists der florentiner Thermometer schlug **Halley** (Philos. Trans. num. 197. p. 650.) schon 1680 Luft oder Queckſilber vor, weil der Weingeist mit der Zeit die Fähigkeit, sich auszudehnen (its expansive power) verliere. **Fahrenheit** befolgte den Vorschlag, Queckſilber zu brauchen seit 1709 mit vielem Glücke, und

Digitized by Google

einige der gröſten Naturforſcher erklärten ſich für dieſe Materie, bis Herr von Reaumur ſein ſo ſorgfältig graduirtes Weingeiſtthermometer einführte. Dadurch theilten ſich nun die Meinungen aufs neue, und ob man gleich in Holland und England die fahrenheitiſche Einrichtung beſtändig beybehielt, ſo ward doch Reaumurs Thermometer in Frankreich und Italien vorgezogen, und der Weingeiſt fand aufs neue an Micheli Ducreſt (Deſcription de la methode d'un thermometre univerſel, à Paris, 1742. 8.) einen eifrigen Vertheidiger.

Es iſt nicht zu läugnen, daß der Weingeiſt Vorzüge hat, die ihn ſehr empfehlen. Seine Ausdehnung iſt achtmal ſtärker, als die des Queckſilbers, und beträgt vom Eis- zum Siedpunkte 0, 121 des Volumens, da ſie beym Queckſilber nur 0, 015 deſſelben ausmacht. Die Thermometer laſſen ſich mit ihm ungleich leichter und mit geringen Koſten füllen. Man kan ihm jede beliebige Farbe geben, und daher ſeinen Stand in der Röhre ſehr deutlich und ohne Anſtrengung der Augen bemerken u. ſ. w.

Hingegen hat Herr de Lüc (Recherches &c. To. I. §. 410. 2. ſqq. der Ueberſ. S. 355 u. f.) die weit überwiegenden Vorzüge des Queckſilbers ſo überzeugend dargeſtellt, daß ich nicht umhin kan, aus dieſem vortreflichen Theile ſeines Werks das vornehmſte mitzutheilen.

Der erſte und wichtigſte Vorzug des Queckſilbers iſt dieſer, daß es unter allen bisher zum Thermometer gebrauchten Materien diejenige iſt, deren Gang den Veränderungen der Wärme ſelbſt am nächſten kömmt. Es wird hiebey durch das Wort Gang (*marche*) die Reihe der Ausdehnungen oder Verdichtungen verſtanden, welche durch eine Reihe von Vermehrungen oder Verminderungen der Wärme hervorgebracht werden.

Zum Beweiſe des behaupteten Satzes, der mit einem ſo geheimnißvollen Gegenſtande, mit den Gröſen oder Unterſchieden der Wärme ſelbſt, zuſammenhängt, nimmt Herr de Lüc an, daß Materien, deren Volumen beym Gefrieren zunimmt, ſich nicht proportional mit den Verminderungen der Wärme ſelbſt verdichten können; und daß eben ſo

wenig diejenigen Materien, die in der Hitze stark ausdünsten, sich proportional mit den Vermehrungen der Wärme selbst ausdehnen können. Denn was auch die Ursache der Ausdehnung beym Gefrieren sey, so fängt ihre Wirkung nicht erst im Augenblicke des Gefrierens selbst an; sondern ihr Einfluß zeigt sich schon lange vorher, und ist von dem ersten Grade der Verdichtung an merklich. Die Verdichtungen solcher Materien werden **abnehmend** gefunden, wenn man sie mit Verdichtungen anderer Materien, welche erst später gefrieren, vergleicht. So wird z. B. reines Wasser von gleicher Kälte **weniger** verdichtet, als gesättigtes Salzwasser, welches später gefriert; Baumöl, das sich beym Gerinnen zusammenzieht, wird **stärker** verdichtet, als rectificirter Weingeist, der sich im Gefrieren ausdehnt. Dagegen muß auch die Ursache, welche zuletzt das Verdünsten und Kochen bewirkt, schon einige Zeit vor dem Verdünsten selbst wirken, und ihr Einfluß muß die Ausdehnungen durch gleiche Grade der Wärme **stärker** machen, als sie sonst seyn würden. So sind auch wirklich die Ausdehnungen der Oele **zunehmend**, in Vergleichung mit den Ausdehnungen des Queckſilbers, welches später kocht und verdünstet.

Aus diesen Betrachtungen wird gefolgert, daß eine Materie, welche sehr spät verdünstet und kocht, sehr spät gefriert, und sich beym Gefrieren nicht ausdehnt, sehr geschickt zum Maaße der Wärme sey, nicht blos darum, weil sie sich länger im Stande befindet, große Grade der Hitze und Kälte anzugeben, sondern vorzüglich deshalb, weil sie mehr und länger, als andere Materien, von den Einflüßen frey bleibt, welche in der Hitze und Kälte den Gang unregelmäßig machen, und sein richtiges Verhältniß zu den eigentlichen Veränderungen der Wärme selbst stören.

Nun ist es bekannt, daß das Queckſilber später verdünstet und kocht, als alle andern gewöhnlich flüßigen Materien; und was sein Gefrieren betrift, so leitet **Herr de Lüc** aus **Brauns** Versuchen die Folgerungen ab, daß es sich 1) dabey nicht ausdehne, 2) erst bey einer ungemein großen Kälte gefriere, 3) bis zum Gefrieren selbst sich regelmäßig ver-

Digitized by Google

dichte. Man hat zwar seitdem die Gefrierung des Queckſilbers genauer unterſucht, und gefunden, daß die dazu erforderliche Kälte bey weitem ſo groß nicht iſt, als man ehedem glaubte, ſ. Gefrierung; auch daß ſich dabey ein plötzliches Zuſammenziehen ereignet. Daher müſten eher die Verdichtungen des Queckſilbers bey zunehmender Kälte ſtärker werden, als ſie dem wahren Gange der Wärme gemäß ſeyn ſollten. Hiedurch leiden nun zwar die bey 2) und 3) angeführten Umſtände einige Einſchränkung: aber Herr de Lüc macht auch wahrſcheinlich, daß die Urſache der Zuſammenziehung beym Gefrieren plötzlich entſtehe, und nicht ſo, wie die Urſache der Ausdehnung, ſchon vorher auf den Gang der Verdichtungen Einfluß habe, woraus denn folgt, daß eine Materie, deren Verdichtungen in Vergleichung mit allen andern zunehmend ſind, in ihrem Gange den Verhältnißen der Veränderungen der Wärme ſelbſt am nächſten komme. Daß nun das Queckſilber wirklich eine ſolche Materie ſey, zeigt Herr de Lüc in einer aus mühſamen Verſuchen gezognen Tabelle (§. 418 m, der Ueberſ. S. 431.), wo der Gang eines Queckſilberthermometers mit dem Gange von ſechs andern von Baumöl, Camillenöl, Quendelöl, Weingeiſt, Salzwaſſer und Waſſer verglichen iſt.

Dies alles wäre denn doch nur hypothetiſch. Aber Herr de Lüc fügt ſogleich eine Beſtätigung ſeines Satzes durch unmittelbare Erfahrungen hinzu. Renaldini hatte vorgeſchlagen, das Thermometer in Miſchungen von kaltem und warmen Waſſer zu graduiren; Wolf (Elem. Aerom. Lipſ. 1709. 12. p. 209. ſqq.) und Bülfinger (Elem. Phyſ. Lipſ. 1742. 8.) hatten dieſen Vorſchlag angeführt; auch war Herr le Sage in Genf darauf gekommen, mit der nöthigen Vorſicht das Thermometer in ſolche Miſchungen zu bringen, und dadurch ein äquidifferentiales Thermometer (deſſen ungleiche Grade gleiche Unterſchiede der wirklichen Wärme ausdrückten) zu verfertigen. Hr. de Lüc benützte dieſe Gedanken ſinnreich. Er miſchte gleiche Maſſen Waſſer von ungleichen Temperaturen m, n, welche nach Richmanns Regel (ſ. Feuer, Th. II. S. 219.) eine Mi-

schung von der Temperatur $\frac{m+n}{2}$ geben müssen. Daß die Grade m, n nicht absolute Größen der Wärme ausdrücken, schadet hiebey nicht; denn gesetzt, die absoluten Größen selbst seyen z + m, z + n, so wird nach eben dieser Regel die Wärme der Mischung wiederum $z + \frac{m+n}{2}$ seyn; d. i. die Resultate bleiben dieselben, nur daß überall noch einerley unbekanntes z hinzugesetzt werden müste, wenn man absolute Größen der Wärme haben wollte.

Wenn gleiche Massen von 6 Grad und von 75 Grad Temperatur (nach dem Queckſilberthermometer von 80 Graden) vermischt wurden, so sollte die Mischung 40, 5 Grad halten; das Thermometer zeigte aber nur 39, 2 Grad.

Hiebey war das heisse Wasser in das Gefäß des kältern gegossen worden. Um den Einfluß der Erkältung während des Zugießens, und der Mittheilung der Wärme an das kältere Gefäß auszuschließen, ward jetzt das kältere Wasser von 5, 2 Grad in das Gefäß des heissern von 75 gegossen. Die Mischung sollte 40, 1 Grad halten, das Thermometer zeigte aber nur 39, 3.

Die wahre Wärme hatte hiebey um den halben Unterschied der Temperaturen (34, 9) abgenommen: das Queckſilber hatte sich um mehr, als den halben Unterschied (nemlich um 75 — 39, 3 = 35, 7) verdichtet, und ihm blieb für die andere Helfte bis völlig zur kältern Temperatur weniger Verdichtung (nur 39, 3 — 5, 2 = 34, 1) übrig. Folglich zeigt sich der Gang des Queckſilbers bey gleichen Verminderungen der Wärme wirklich abnehmend. Dies, sagt Herr de Lüc, ist die stärkste Bestätigung des Satzes, daß das Queckſilber in seinem Gange den Veränderungen der Wärme selbst näher kömmt, als andere Materien. Denn da sein Gang gegen Verdichtungen anderer Materien bey gleichen Verminderungen der Wärme gehalten, zunehmend, mit der Wärme selbst aber verglichen immer noch abnehmend ist, so müssen sich ja alle bisher versuchte Materien vom Gange der Wärme selbst noch mehr, als das Queckſilber, entfernen.

Digitized by Google

Herr de Lüc geht noch weiter. Die angegebnen Versuche lehren, daß die Gänge des Queckſilbers und der Wärme ſelbſt nur wenig von einander abweichen. Nach einer muthmaßlichen Berichtigung wegen Erkältung beym Ausgießen und wegen der Wärme des Gefäßes, war das mittlere Reſultat, daß das Thermometer, das 39, 3 zeigte, 40, 3 müſte gezeigt haben, wenn ſeine Grade gleiche Theile der Wärme ausdrückten. Der Gang der Oele wich wiederum ſehr wenig vom Gange des Queckſilbers ab, und die Vergleichung zeigte, daß das weſentliche Camillenöl bey der Temperatur der vorigen Miſchung gerade eben ſo weit vom Queckſilber, als dieſes von der Wärme ſelbſt, abgieng. De Lüc nahm alſo den Gang dieſes Oelthermometers in Vergleichung mit dem Queckſilberthermometer, für den Gang des letztern in Vergleichung mit der Wärme ſelbſt an, und zog daraus nach wiederholter Prüfung durch mehrere Verſuche folgende Tafel, in der die unbekannt bleibende Wärme des zergehenden Eiſes durch Z ausgedrückt iſt.

	Queckſilbertherm. von 80 Grad		Wirkliche Wärme	Unterſchiede der wirkl. W.
Siedpunkt	80	- - Z +	80, 00	
	75	- - Z +	75, 28	4, 72
	70	- - Z +	70, 56	4, 72
	65	- - Z +	65, 77	4, 79
	60	- - Z +	60, 96	4, 81
	55	- - Z +	56, 15	4, 81
	50	- - Z +	51, 26	4, 89
	45	- - Z +	46, 37	4, 89
	40	- - Z +	41, 40	4, 97
	35	- - Z +	36, 40	5, 00
	30	- - Z +	31, 32	5, 08
	25	- - Z +	26, 22	5, 10
	20	- - Z +	21, 12	5, 10
	15	- - Z +	15, 94	5, 18
	10	- - Z +	10, 74	5, 20
	5	- - Z +	5, 43	5, 31
Eispunkt	0	- - Z		5, 43
				80, 00

Digitized by Google

Das Verhalten der übrigen flüßigen Materien zu übersehen, dient folgende Tabelle, welche den Grad angiebt, auf dem die aus ihnen verfertigten Thermometer stehen, wenn das von Queckſilber 38, 6 Grad zeigt, alſo die wirkliche Wärme Z + 40 iſt. Dabey iſt auch das Verhältniß ihrer Verdichtungen vom Siedpunkte bis zu Z + 40, und von da bis zum Eispunkte angegeben.

Materien des Therm.	Stand bey der Wärme Z+40	Verhältniß der Verdichtung in der 1ſten u. 2ten Helfte
Queckſilber	38, 6	15 : 14
Baumöl u. Leinöl	37, 8	15 : 13,4
Camillenöl	37, 2	15 : 13
Quendelöl	37	15 : 12,9
Geſätt. Salzwaſſer	34, 9	15 : 11,6
Weingeiſt, der Pulver zündet	33, 7	15 : 10,9
Waſſer	19, 2	15 : 4,7

Da beym Thermometer alles auf eine gleichförmige und allgemein übereinſtimmende Art der Verfertigung ankömmt, wobey man von der Bedingung, die Theile der Scale gleich zu machen, nicht abgehen kan, ſo verſteht ſich von ſelbſt, daß man zum allgemein anzunehmenden Thermometer diejenige Materie wählen müſſe, bey der gleiche Theile, ſo nahe, als möglich, gleiche Aenderungen der Wärme bezeichnen. Die angeführten Verſuche beweiſen, daß dieſe Materie das Queckſilber ſey.

Ein zweyter Vorzug des Queckſilbers iſt dieſer, daß es ſich leichter, als andere Materien, von Luft reinigen läſt. Der Weingeiſt muß, wenn er die Wärme des ſiedenden Waſſers annehmen ſoll, entweder von Luft befreyt, oder durch zurückgelaſſene Luft im obern Theile der Röhre gedrückt werden. Das erſte Mittel nach Durands Vorſchlage (ſ. de Luc §. 423. c.) iſt mühſam, zumal bey engen Röhren; das zweyte, welches Ducreſt braucht, unſicher und unbeſtimmt. Alle Materien werden den Siedpunkt unrichtig zeigen, wenn ſie nicht von Luft befreyt ſind, welches bey Oelen, Salzwaſſer u. dergl. äuſſerſt ſchwer, beym Queckſilber aber durchs Kochen ſicherer zu bewerkſtelligen iſt.

Digitized by Google

Drittens verträgt das Queckſilber ſehr große Grade der Hitze und Kälte; nach de Luc von + 275 bis — 261 der Scale von 80 Theilen. Nach den beym Worte **Gefrierung** erzählten Verſuchen möchte doch die Kälte, die es erträgt, nicht viel über — 32 Grad dieſer Scale gehen, und überhaupt der höchſt rectificirte Weingeiſt für große Grade der Kälte ein ſchicklicheres Maaß, als das Queckſilber, abgeben.

Das Queckſilber hat **viertens** den Vorzug der größern **Empfindlichkeit**, vermöge welcher es die Veränderungen der Wärme ſchneller, als andere Materien, annimmt. De Luc ſetzt es ſechsmal empfindlicher, als den Weingeiſt, und erklärt hieraus einen Theil des Unterſchieds, der ſich zwiſchen Ducreſt's und ſeiner Tafel über die correſpondirenden Grade des Weingeiſt- und Queckſilberthermometers zeiget. Herr Luz (Vollſt. Anweiſ. die Therm. zu verfertigen, Cap. 8. S. 159 u. f.) glaubt doch, aus ſeinen dort umſtändlich erzählten Verſuchen ſchließen zu dürfen, daß Queckſilber und Weingeiſt in freyer Luft und in einem ſeine Wärme nach und nach verlierenden Waſſer beyde gleich empfindlich ſind, dahingegen bey plötzlich abnehmender Wärme das Queckſilber doppelt, und bey plötzlich zunehmender dreymal empfindlicher ſey, als der Weingeiſt. Beym allmähligen Erkalten in freyer Luft that zwar das Queckſilber die erſten Schritte ſchneller, aber gegen das Ende holte es der Weingeiſt ein, und gelangte zum Gleichgewichte mit der äuſſern Luft faſt noch eher, als das Queckſilber.

Fünftens kan man das Queckſilber bey gehöriger Reinigung als eine Materie von immer gleicher Beſchaffenheit anſehen, ſo daß alle Queckſilberthermometer ebendenſelben Gang haben, dahingegen der Weingeiſt ſtets von anderer Güte und Beſchaffenheit gefunden wird; daher der Gang der Weingeiſtthermometer, wie auch die Verſuche lehren, immer verſchieden ausfällt.

Ducreſt tadlet am Queckſilber, es dränge ſich bey heftiger Kälte mehr zuſammen, als es ſich verhältnißmäßig in der Hitze ausdehne. In der That iſt es von dem Tadel einer ſtarken Zuſammenziehung beym Gefrieren nicht frey, und taugt auch dabey nicht mehr zum Maaße der Wärme. Du-

creſt aber nimmt die Sache ſo, daß ſeine Temperatur der Erdkugel der Standpunkt iſt, von dem aus die Materien der Wärme und der Kälte gleiche oder verhältnißmäßige Ausdehnungen oder Verdichtungen bewirken ſollen. Dieſe Gleichheit glaubt er nun beym Weingeiſte zu finden, beym Queckſilber aber nicht, wenn er die äuſſerſten Temperaturen auf der Erde, die Wärme in Senegal und die Kälte in Kamſchatka, mit dem gemäßigten Mittel vergleicht. Es kan ſeyn, daß ſich bey der angeführten Kälte das Queckſilber ſchon unregelmäßig verdichtet: aber die angenommenen Vergleichungspunkte beruhen überhaupt nur auf einer leeren Hypotheſe. Herrn de Lüc Verſuche zeigen im Gegentheil, daß zwiſchen Süd- und Eispunkte und bey mindern Graden der Kälte die Verdichtungen des Queckſilbers in Vergleichung mit der Wärme ſelbſt keineswegs zunehmend, ſondern nur weniger abnehmend ſind, als die des Weingeiſts.

Gegen die Verſuche und Sätze des Herrn de Lüc hat der verſtorbene Strohmeyer (Anleit. übereinſtimm. Thermomet. zu verf. Gött. 1775. 8.) einige Widerſprüche erregt. Die Behauptung dieſes Schriftſtellers (S. 12.), daß der Weingeiſt in tiefern Graden der Kälte vorzuziehen ſey, verdient auch unſtreitig Beyfall. Bey einer äuſſern Temperatur von —16 nach Fahr. blieb der Weingeiſt in einer Miſchung von Schnee und rauchendem Salpetergeiſt noch vollkommen flüßig, da das Queckſilber ſchon wie ein weiches Amalgama gerann, und ſich im Anfange des Gerinnens ſehr ſchleunig zuſammenzog, nachher aber, wie ein Faden, hängen blieb.

Im übrigen aber hat dieſer fleißige und erfahrne Praktiker den Sinn des Herrn de Luc nicht richtig gefaßt, wenn er (S. 11.) ſagt, „den Hauptgrund, den de Lüc einwende, „als wenn der Weingeiſt einen ungleichen Gang ha„be, werde er durch Verſuche widerlegen.“ Eines ſolchen Grundes bedient ſich de Lüc nirgends; er müſte ſonſt das Queckſilber ſelbſt verwerfen, von dem er ja nicht läugnet, daß ſein Gang auch ungleich ſey. Nur das iſt ſeine Meinung, daß das Queckſilber dem gleichen Gange der Wärme ſelbſt näher, als der Weingeiſt, komme. Dies widerlegen nun die Verſuche nicht, die Strohmeyer gar nicht einmal anführt, ſondern nur überhaupt von ihnen ſagt, ſie ſtimmten ganz

Digitized by Google

mit Ducreſt überein. Von Vergleichung mit der Wärme ſelbſt (worauf die Sache ganz allein ankömmt) wird dabey kein Wort erwähnt. Ueberdies hat ſchon Hr. Luz (Anweiſ. Therm. zu verfert. S. 201.) gezeigt, daß Strohmeyer in Ducreſt's Tabellen die Columne, die dem Queckſilber zugehört, mit der für den Weingeiſt verwechſelt, und dieſen Fehler auch in ſeiner Rechnung fortgeführt hat. Wie nun damit die Verſuche haben übereinſtimmen können, iſt nicht abzuſehen. Daher kan auch die Beſchuldigung, daß Hr. de Lüc das gehörige Umrühren des erwärmten Waſſers müſſe vernachläſſigt haben, dieſen großen Experimentator gar nicht treffen, der noch überdies (Unterſ. über die Atm. §. 418. g.) ausdrücklich verſichert, er habe dieſe Vorſicht genau beobachtet.

Herrn Luz Verſuche hingegen weichen von de Lüc nur um Kleinigkeiten ab, wie folgende Vergleichung von vier zwiſchen Siedpunkt des Waſſers und Eispunkt in 80 Grade getheilten Thermometern (Luz S. 195.) zeigen wird.

Queckſilbertherm.		Weingeiſtthermometer		
		Ducreſt	de Lüc	Luz
Siedpunkt	80	80, 00	80, 00	80, 00
	75	73, 21	73, 80	73, 80
	70	66, 83	67, 80	67, 80
	65	60, 80	61, 90	61, 90
	60	55, 06	56, 20	56, 10
	55	49, 57	50, 70	50, 40
	50	44, 31	45, 30	44, 90
	45	39, 24	40, 20	39, 60
	40	34, 36	35, 10	34, 70
	35	29, 63	30, 30	29, 90
	30	25, 05	25, 60	25, 30
	25	20, 60	21, 00	20, 90
	20	16, 27	16, 50	16, 50
	15	12, 05	12, 20	12, 20
	10	7, 94	7, 90	7, 90
	5	3, 93	3, 90	3, 90
Eispunkt	0	0, 00	0, 00	0, 00
—	5	— —	— —	3, 90
—	10	— —	— —	7, 60
—	15	— —	— —	11, 20
—	20	— —	— —	14, 50

Digitized by Google

Bestimmung der festen Punkte.

Bey den jetzt gebräuchlichen Thermometern ist der obere feste Punkt die Wärme des siedenden Wassers. Der Punkt, bis an welchen die flüßige Materie im Thermometer bey dieser Wärme reicht, heißt sein Siedpunkt (punctum aquae ebullientis, *terme de l'eau bouillante*). Es kommen aber hiebey Umstände vor, welche diese Wärme, die man in allen Fällen für gleich groß annimmt, sehr verändern können.

Regen- Fluß- und Quellwasser nehmen nach de Lüc gleiche Siedhitze an; gesättigtes Salzwasser aber auf 7 reaum. Grad mehr. Man nimmt daher am sichersten Regenwasser. Die äussere Wärme oder Kälte der Luft thut wenig zur Sache, weil das Feuer beym Kochen die umgebende Luft ziemlich gleichförmig erwärmt. Mehr Einfluß hat die Gestalt der Gefäße, und die Beschaffenheit ihres Deckels. Bey allzugeringer Wassermenge, wobey das Wasser nach und nach verdünstet, nimmt auch die Hitze etwas ab. Ueberdies ist es nicht genug, die Kugel allein in das siedende Wasser zu bringen; sondern es muß auch die Röhre so weit, als die flüßige Materie in ihr steigt, der Hitze desselben ausgesetzt, und darinn erhalten werden. Ferner hat Herr de Lüc gefunden, daß bisweilen, besonders wenn das Wasser noch nicht völlig kocht, die Hitze auf dem Boden fast um 1 Grad größer ist, als im obern Theile des Gefäßes. Weil das Wasser selbst während des Kochens noch heißer wird, so muß man es auf das stärkste kochen lassen. Endlich hat auch der Druck des Luftkreises einen vorzüglich starken Einfluß auf die Größe der Siedhitze, s. Sieden; daher es nöthig ist, den Siedpunkt aller Thermometer entweder bey einerley Barometerhöhe zu suchen, oder wenigstens durch eine Berichtigung auf eine gewisse immer gleiche Barometerhöhe zu reduciren.

Diese Umstände machen, daß man sich auf die Uebereinstimmung der an den gewöhnlichen Thermometern bemerkten Siedpunkte selten oder gar nicht verlassen kan. Wenn vollends die Materie solcher Werkzeuge unfähig ist,

Digitized by Google

die Siedhitze des Wassers anzunehmen, so werden die Abweichungen sehr groß, wie z. B. der Siedpunkt des wahren reaumürischen Thermometers in der That nur $66\frac{2}{3}$ Grad der Scale von 80 Theilen anzeigt. Auch wenn die Siedpunkte bey verschiednen Barometerhöhen gesucht sind, können sie merklich abweichen, wie denn der Siedpunkt der delücschen Thermometer mit 210 (nicht 212) Grad der fahrenheitischen Scale auf den englischen übereinkömmt, s. Sieden.

Eine allgemeine Methode zu Bestimmung der festen Punkte vorzuschlagen, trug die königliche Societät zu London im Jahre 1777 einigen ihrer Mitglieder auf, unter welchen sich auch die Herren **Cavendish**, **de Lüc**, **Maskelyne** und **Horsley** befanden. Aus dem Berichte dieser Gelehrten (Philos. Trans. Vol. LXVII. P. II. no. 37. Bericht einer von der königl. Societät zu London niedergesetzten Commission, über die beste Methode, die festen Punkte des Therm. zu bestimmen, in den leipz. Samml. zur Phys. u. Naturg. I. B. 6. St. S. 643 u. f.) will ich hier die vorzüglichsten ihrer Vorschläge auszeichnen.

Sie rathen zuförderst, das Thermometer gar nicht ins Wasser zu senken, sondern blos in einem verschloßnen Gefäße (s. Taf. XXIV. Fig. 49.) dem Dampfe des siedenden Wassers auszusetzen, welche Methode **Cavendish** (Phil. Trans. Vol. LXVI. p. 380.) zuerst empfohlen hat. Die Hitze dieser Dämpfe ist sehr gleichförmig, und giebt, wenn das Barometer auf 29, 8 engl. Zoll steht, den Siedpunkt $\frac{3}{4}$ Grad der 80theiligen Scale höher, als den delücschen (für 27 paris. Zoll Barometerhöhe). Will man die Kugel etwa 2 — 3 Zoll tief ins Wasser einsenken, so findet man eben diesen Siedpunkt, wenn das Barometer auf $29\frac{1}{2}$ Zoll steht.

Sie empfehlen die Barometerhöhe 29, 8 engl. Zoll (d. i. 27 Zoll 11, 54 Lin. = 335, 54 Lin. paris. Maaß) als die allgemeine, bey der man den Siedpunkt suchen soll, wenn man blos Dämpfe gebraucht; oder 29, 5 engl. Zoll (d. i. 332, 15 paris. Lin.), wenn man die Kugel 2 — 3 Zoll ins kochende Wasser einsenkt. Bey andern Barometer-

ständen solle man den gefundenen Siedpunkt auf die angegebnen reduciren.

Bey dieser Reduction würde der Gebrauch der de lücschen Formeln (s. Sieden ☉ und ☾) etwas beschwerlich seyn. Man kan aber setzen, in den engen Grenzen der gewöhnlichen Barometerveränderungen bleiben die Aenderungen des Siedpunkts den Aenderungen des Barometers proportional. Weil sich nun um die hier angenommenen Barometerstände herum der Siedpunkt um 0, 181 fahrenheit. Grad, d. i. um ein Tausendtheil des ganzen Abstands von 180 Graden, ändert, wenn sich das Barometer um 0, 114 engl. Zoll ändert (s. Sieden oben S. 55.), so kan man die leichtere Regel geben: Steht das Barometer um 0, 114 a Zoll höher oder niedriger, als die zur allgemeinen Norm vorgeschriebnen Stände sind, so muß man den gefundenen Siedpunkt um a Tausendtheile seines Abstands vom Eispunkte weiter herab, oder hinaufrücken.

Hiernach ist nun folgende Berichtigungstabelle berechnet

Barom. höhe in Dämpfen	Barom. höhe im Wasser	Berichtig. in Tausendtheilen
	30, 64	— 10
	53	— 9
30, 71	41	— 8
59	29	— 7
48	18	— 6
37	07	— 5
26	29, 95	— 4
14	84	— 3
03	73	— 2
29, 91	61	— 1
80	50	0

Barom. höhe in Dämpf.	Barom. höhe im Wasser	Berichtigung in Tausendt.
29, 69	29, 39	+ 1
58	28	+ 2
47	17	+ 3
36	06	+ 4
25	28, 95	+ 5
14	84	+ 6
03	73	+ 7
28, 92	62	+ 8
81	51	+ 9
70		+ 10
59		+ 11

Luz (Vollst. Beschr. von Barom. 1784. Anhang S. 32.) hat diese Tabelle zugleich auf französisches Maaß reducirt, und setzt statt 0, 114 engl. Zoll, 1, 24 pariser Linien.

Er. Bey 29 Zoll Barometerhöhe sey der Siedpunkt in Dämpfen bestimmt worden; der Abstand zwischen ihm und dem Eispunkte betrage 11 Zoll. Die Zahl, welche in der Columne für die Dämpfe 29 Zollen am nächsten kömmt, ist 29, 03. Da man bey ihr + 7 findet, so muß die Stelle des 212ten Grades um $\frac{7}{1000}$. 11 = 0, 077 Zoll höher, als der beobachtete Siedpunkt, gesetzt werden.

Beym Versuche selbst muß der Siedpunkt nur gerade über den Deckel des Gefäßes hervorragen, damit die ganze Röhre erhitzt werde; die Kugel muß noch 1 — 2 Zoll über dem Wasser stehen, so daß sie von demselben auch im stärksten Kochen nicht berührt wird.

Die Oefnung, durch welche das Thermometer eingelassen wird, muß genau verschloßen seyn, und keine Luft eindringen lassen. Die Dämpfe nehmen ihren Ausgang durch eine Röhre von $\frac{1}{2}$ Quadratzoll Durchschnitt und 2 — 3 Zoll Höhe, die mit einer zinnernen Platte bedeckt ist, welche die Gewalt der Dämpfe von selbst in die Höhe hebt und verschiebt. Der Deckel muß sich leicht abheben lassen; damit er aber gut anpasse, legt man unter seinen Rand einen Ring von Tuch oder Filz.

Das Wasser muß schnell und stark gekocht werden; dennoch muß man 1 — 2 Min. lang warten, ehe man den Siedpunkt bezeichnet, um zu sehen, ob das Queckſilber nicht noch weiter steigen werde.

Soll die Kugel ins Wasser selbst gesenkt werden, so wird an der vorigen Methode nichts geändert, ausser daß das Wasser 3 — 4 Zoll höher stehen muß, und daß es nicht mehr nöthig ist, den Deckel so genau anzupassen, und die zinnerne Platte auf das Dampfrohr zu legen.

Die englischen Gelehrten lassen noch eine dritte Methode zu, wobey man das Thermometer in ein ofnes Gefäß mit der Kugel ins Wasser setzt, die Röhre mit leinenen Lappen oder Flanell umwickelt, und diese mit siedendem Wasser begießt, um die Röhre zu erhitzen. Man muß sie 3 — 4 mal begießen, zwischen jedesmale einige Secunden inne halten, auch nach dem letztenmale einige Secunden warten, ehe man den Siedpunkt anzeichnet. Hiebey muß die Ba-

Digitized by Google

rometerhöhe 29, 8 Zoll seyn, das Wasser schnell gekocht, das Thermometer aufrecht gehalten, die Kugel 2 — 3 Zoll unter Wasser und dahin gehalten werden, wo die Bewegung des Wassers von unten aufwärts geht.

Der jetzt angenommene untere feste Punkt heißt insgemein der **Eispunkt**. Fahrenheit setzte die Null an seine vermeinte gröste Kälte, die er zu jeder Jahrszeit durch Eis und Salmiak hervorbrachte, und weil er fand, daß die natürliche Gefrierung auf den 32sten Grad seiner Scale von 212 Theilen fiel, so nannte er diesen Grad den Gefrierpunkt, so daß seine Scale zwischen diesem und dem Siedpunkte noch 180 Theile zählt. Man weiß nicht, ob Fahrenheit die Temperaturen des gefrierenden Wassers und des zergehenden Eises gehörig unterschieden hat; Martine, der sonst so gründlich von Fahrenheits Thermometer schreibt, versteht unter dem 32sten Grade beyde ohne Unterschied.

Reaumür redet bestimmter, und nimmt zum Eispunkte die Temperatur an, die zum Gefrieren des Wassers hinreichend ist. Diese suchte er, indem er ein kleines Gefäß mit Wasser in eine Mischung von 2 Theilen Eis und 1 Theil Kochsalz setzte, und wartete, bis das Wasser gefroren war, und der Weingeist in dem hineingesenkten Thermometer nicht weiter herabfiel. Herr de Lüc aber (Unterſ. über die Atm. I. Band §. 436. h, 443. r.) findet, daß diese Methode unsicher ist, und an den eigentlichen reaumürischen Thermometern den Gefrierpunkt um $\frac{1}{4}$ Grad tiefer gegeben hat, als der Punkt des zergehenden Eises steht. In der Folge haben Reaumür und Nollet selbst diesen letztern Punkt gewählt; Briſſon, der Augenzeuge hievon war, hat diese Methode von ihnen angenommen.

Jetzt braucht man durchgängig den Punkt des zergehenden Eises oder Schnees, welcher weit sicherer und leichter, als jener, zu bemerken ist. Es ist dies eigentlich die Temperatur des Wassers, das eben vom Eise abthaut, oder des mit Eis vermischten Wassers. Herr de Lüc (Unterſ. §. 438. c.) findet dies alles einerley, füllt da-

Digitized by Google

her ein Gefäß mit Eis, welches zuvor in einem Tuche mit dem Hammer klein geschlagen worden, und setzt das Thermometer so hinein, daß es ganz davon umgeben ist, und unter der Kugel noch 1 Zoll hoch Eis über dem Boden liegt. Indem das Eis zergeht, halten sich Wasser und Eis in gleicher Temperatur.

Strohmeyer (Anleit. S. 28.) glaubt doch, diese Methode sey bis auf $1\frac{1}{2}$ reaum. Grade ungewiß. Er zieht das Wasser im Eise vor, läst daher Regen- oder Schneewasser in einem Gefäße bey natürlicher Kälte ringsum einfrieren, durchbricht dann die obere Eisrinde, und setzt das Thermometer, so weit das Queckſilber reicht, in das mit Eis umgebne Wasser. Dieses Verfahren, welches sich von Ducreſt herschreibt, ist zwar sehr bequem, aber nach Herrn Luz (Anweis. Thermom. zu verf. §. 122 — 129.) auf $\frac{1}{7}$ Grad unsicher, besonders, wenn die Eisrinde nicht dick genug ist. Hingegen fand eben dieser geschickte Praktiker Herrn de Lüc Methode so sicher, daß er nicht $\frac{1}{70}$ Grad Abweichung bey ihr bemerkte, den einzigen Fall eines einfallenden Thauwetters ausgenommen, bey welchem das zergehende Eis allezeit um $\frac{1}{12}$ reaum. Grad wärmer, als sonst ist. Er erinnert, man solle die mit Liquor gefüllten Thermometer nicht zu plötzlich in das Eis bringen, weil sonst beym Fallen zu viel Liquor an den Wänden der Röhre hängen bleibe.

Die englischen Gelehrten bleiben ebenfalls bey dieser Methode, und bemerken nur, man müsse die Röhre ganz, so weit in ihr das Queckſilber reicht, mit Eis umgeben, oder sonst eine kleine von ihnen angegebene Berichtigung machen.

Es giebt noch einige Punkte, die als feste betrachtet und insgemein auf den Thermometern angemerkt werden. Dahin gehört die Temperatur der Keller der pariser Sternwarte (*température des caves de l'Observatoire*) welche in einer Nische der Mauer eines 84 Schuh tiefen Kellers statt findet. Sie stimmt mit dem *Temperé* des Ducreſt überein, und ist nach Herrn de Lüc genauer Bestimmung = 9, 6 des Queckſilberthermometers von 80

Graden. Die natürliche Wärme des menschlichen Körpers, die man findet, wenn man ein Thermometer eine Stunde lang in den Mund, oder unter den bloßen Arm nimmt, hatte Reaumür auf seinem Weingeistthermometer bey 32 Grad angegeben; er hatte aber die Werkzeuge nur eine Viertelstunde lang erwärmt; Brisson, der bis auf eine Stunde aushielt, fand 32½; und de Lüc bestimmt dies auf 29, 9 des Queckſilberthermometers von 80 Graden.

Vergleichung der Scalen.

Wenn die festen Punkte eines Thermometers gehörig bestimmt sind, so theilt man die gerade Linie zwischen ihnen, oder den Fundamentalabstand, in eine Anzahl gleicher Theile, welche Grade heissen, und die Scale oder Gradleiter des Werkzeugs ausmachen. Da es hiebey willkührlich ist, wie viel Theile man machen, und wie man sie zählen will, so giebt es verschiedene Scalen, die man aber leicht und sicher mit einander vergleichen kan, wofern nur die festen Punkte, durch die sie begrenzt werden, nach einerley Methode gesucht und also genau übereinstimmend sind.

Für zwo verschiedene Scalen heissen die Anzahlen der Grade, die der ganze Fundamentalabstand enthält, A und a; die Zahlen, so bey den Eispunkten stehen, E und e; die Zahlen bey zwo andern übereinstimmenden Punkten X und x. Man fragt, wie die letztern beyden auseinander gefunden werden?

Aufl. Die Mengen der Grade zwischen den Eispunkten und den mit X, x bezeichneten (d. i. X — E und x — e), müssen sich in beyden Scalen eben so verhalten, wie die Mengen der Grade zwischen Eis- und Siedpunkten (d. i. wie A und a). Wenn nun

$$A : a = X - E : x - e$$

so folgt

$$X = \frac{A}{a}(x - e) + E \text{ und } x = \frac{a}{A}(X - E) + e$$

wo herabwärts gezählte Grade durch negative Zahlen angedeutet werden.

Digitized by Google

Daraus lassen sich nun leicht besondere Formeln für gegebne Scalen herleiten. Wenn die Buchstaben F, R, I, C, übereinstimmende Grade auf Fahrenheits, Reaumür, De l'Isle, Celsius Scalen bedeuten, so findet man aus den allgemeinen Formeln, wenn man für Fahrenheit $A = 180$; $E = 32$; $X = F$: für Reaumur $a = 80$; $e = 0$; $x = R$: für de l'Isle $a = 150$; $e = -150$, $x = -I$: für Celsius $a = 100$; $e = 0$; $x = C$ setzt,

$$F = \frac{9}{4} R + 32 \; ; \; R = \frac{4}{9} (F - 32)$$
$$F = 212 - \frac{6}{5} I \; ; \; I = 176\frac{2}{3} - \frac{5}{6} F$$
$$F = \frac{9}{5} C + 32 \; ; \; C = \frac{5}{9} (F - 32)$$

Ex. 1. Für Fahrenheits künstlichen Frostpunkt, oder $F = 0$, ist

$R = -\frac{4}{9} . 32 = -14\frac{2}{9}$; $I = 176\frac{2}{3}$; $C = -\frac{5}{9} . 32 = -17\frac{7}{9}$.

Ex. 2. Für den Gefrierpunkt des Queckſilbers, nach den neuern Versuchen, $F = -40$

$R = -\frac{4}{9} . 72 = -32$; $I = 176\frac{2}{3} + \frac{5}{6} . 40 = 210$; $C = -\frac{5}{9} . 72 = -40$.

Noch ein Beyspiel des Gebrauchs der allgemeinen Formel. De Lüc bedient sich bey den barometrischen Höhenmessungen eines Thermometers, dessen Scale 186 Grade und beym Eispunkte — 39 hat. Was zeigt die reaumürische Scale, wenn dieses Thermometer Null zeigt? Die Formel giebt

$$\frac{80}{186} . (+39) + 0 = 16\frac{2}{31} .$$

woraus zugleich erhellet, warum Herr Kramp statt Herrn de Lüc $16\frac{1}{4}$, richtiger $16\frac{2}{31}$ an diesen Punkt setzt, s. Höhenmessung (Th. II. S. 632).

Nach diesen Formeln lassen sich leicht Tabellen verfertigen, in welchen correspondirende Zahlen mehrerer Scalen einander gegenüber stehen. Eine solche giebt Herr Trales (Physikal. Taschenbuch. Göttingen, 1786. 8. S. 87.), für die vier Scalen F, R, I, C. Sie geht von 5 zu 5 Graden der fahrenheitischen Scale vom Siedpunkt 212 an bis zu — 30.

Um die Vergleichung dieser vier Scalen einigermaßen in Zahlen darzustellen, theile ich hier ein Verzeichniß merkwürdiger Temperaturen mit, welche nach den Graden derselben ausgedrückt sind.

Digitized by Google

	F	R	I	C
Queckſilber ſiedet	600	$254\frac{4}{9}$	—	$315\frac{5}{9}$
Bley ſchmelzt	540	$225\frac{7}{9}$	—	$282\frac{2}{9}$
Wismuth ſchmelzt	460	$190\frac{2}{9}$	—	$237\frac{7}{9}$
Reines Zinn ſchmelzt	400	$163\frac{5}{9}$	—	$204\frac{4}{9}$
Schwef. fängt an zu ſchm.	234	$89\frac{7}{9}$	—	$112\frac{2}{9}$
Siedpunkt des Waſſ.	212	80	0	100
Siedender Alcohol	174	$63\frac{1}{9}$	$31\frac{2}{3}$	$78\frac{5}{9}$
Carlsbader Sprudelwaſſ.	165	$59\frac{1}{9}$	$39\frac{1}{6}$	$73\frac{8}{9}$
Schmelzendes Wachs	140	48	60	60
Wärme in Senegal 12. April 1738	110	$34\frac{2}{3}$	85	$43\frac{1}{3}$
Wärme in Leipzig 1755	$101\frac{3}{4}$	31	$91\frac{7}{8}$	$38\frac{3}{4}$
Menſchl. Blutwärme	$99\frac{1}{4}$	$29\frac{9}{10}$	$93\frac{9}{10}$	$37\frac{3}{8}$
de Lüc Reductionstemp.	$69\frac{11}{10}$	$16\frac{3}{4}$	$118\frac{3}{4}$	21
Gemäßigte Sommerwärme	64	$14\frac{2}{9}$	124	$17\frac{7}{9}$
Temperatur der Keller	$54\frac{1}{4}$	$9\frac{9}{10}$	$131\frac{1}{2}$	$12\frac{3}{8}$
Eispunkt	32	0	150	0
Weineſſig gefriert	28	— $1\frac{7}{9}$	$153\frac{1}{3}$	— $2\frac{2}{9}$
Eis mit Salmiak	0	— $14\frac{2}{9}$	$176\frac{2}{3}$	— $17\frac{7}{9}$
Kälte zu Leipzig 28 Febr. 1785	— 21	— $23\frac{5}{9}$	$194\frac{1}{6}$	— $29\frac{4}{9}$
Eis mit rauchendem Salpeterg.	— $24\frac{3}{4}$	— 25	$196\frac{7}{8}$	— 31
Kälte zu Waldheim 27 Febr. 1785	— 29	— $27\frac{1}{9}$	$200\frac{5}{6}$	— $33\frac{8}{9}$
Queckſilber gefriert	— 40	— 32	210	— 40

Man kan endlich auch mehrere Scalen neben einander zeichnen, um ihre übereinſtimmenden Grade durch das Auge zu vergleichen. Dies geſchieht entweder am Thermometer ſelbſt, wie es Taf. XXIV. Fig. 50. für die vier obengenannten Scalen darſtellt, oder man verfertigt dazu beſondere Zeichnungen, auf denen ein Lineal, unter rechten Winkeln angelegt, die übereinſtimmenden Grade ohngefähr angiebt. Solche Vergleichungstafeln hat man von Martine (Diſſ. ſur la chaleur avec des obſerv. nouvelles ſur la conſtruct. et comparaiſon des therm. trad. de l'Angl.

Digitized by Google

à Paris, 1751. 12.), genauer von Braun (Harmonia scalarum in Nov. Comm. Petrop. To. VII.) am allergenauesten beym Strohmeyer (Anleit. übereinst. Therm. zu verfertigen. Göttingen, 1775. gr. 8.), wo 5 Scalen für Weingeist- und 6 für Queckſilberthermometer neben einander ſtehen.

Unter der großen Menge von Scalen, welche die Thermometerſprache ſo unbeſtimmt machen, iſt doch in Deutſchland und England die fahrenheitiſche, in Frankreich und der Schweiz die reaumüriſche (oder vielmehr die von 80 Graden) am gewöhnlichſten. Auch Herr de Lüc braucht gewöhnlich die letztere. In Rußland bedient man ſich noch oft der de l'isliſchen, in Schweden der von Celſius. Dies nöthigt jeden, der Beobachtungen der Wärme anführt, die Scale, worauf ſich ſelbige beziehen, mit Namen anzugeben.

Verfertigung der Thermometer, und Methode zu beobachten.

Die Glasröhren zum Queckſilberthermometer werden am bequemſten von $\frac{1}{4}$ Lin. (zum Weingeiſtthermometer $\frac{1}{3}$ Lin.) Weite im Lichten, und $\frac{1}{4}$ Lin. Glasdicke gewählt. Man läßt ſie gleich auf der Hütte an den Enden zuſammendrücken, und bricht ſie beym Gebrauch erſt auf, um Staub und Feuchtigkeit abzuhalten. Sie müſſen, ſo viel möglich, eine durchgehends gleiche Weite haben, welches man durchs Calibriren (*Nollet* Leçons. ed. Amſt. & Leipſ. 1754. 8. To. IV. p. 376.) unterſucht. Man bringt nemlich durch Saugen, oder beſſer durch Einſenken in ein tiefes Gefäß und Zuhalten der obern Oefnung, etwas Queckſilber hinein. Dieſe, etwa 2 Zoll lange Queckſilberſäule läßt man nach und nach durch die ganze Röhre laufen, und mißt an einer auf Papier gezeichneten Linie nach, ob ſie überall gleiche Länge behält. Die Länge der Röhre iſt zwar willkührlich; zum gewöhnlichen Gebrauch aber wird die von 9 Zoll am bequemſten ſeyn, welche über 100 Grad von 1 Lin., 200 von $\frac{1}{2}$ Linie ꝛc. Länge faſſet. Thermometer zu beſon-

dern Absichten, welche mehr oder größere Grade fassen sollen, müssen freylich längere Röhren haben.

Die erste Arbeit ist nun das Anblasen eines Gefäßes. Kugeln lassen sich leichter und schicklicher anpassen, als Cylinder; man hat aber die letztern angerühmt, weil sie mehr Fläche haben, und daher die Empfindlichkeit vergrößern. Doch werden Kugeln, die nur nicht allzugroß sind, immer empfindlich genug seyn. Luz bemerkt, er habe Weingeistthermometer mit Cylindern, wegen der allzu großen Empfindlichkeit, nie dahin bringen können, daß sie die Hitze des siedenden Wassers ausgehalten hätten. Magellan (Beschreibung neuer Barometer, a. d. engl. Leipzig, 1782. 8.) schlägt die Gestalt ABDE, Taf. XXIV. Fig. 51. vor, die leicht zu erhalten ist, wenn man die Seite C der angeschmolzenen Kugel ABDC glühend macht, und die Luft mit dem Munde aus der Röhre zieht, wodurch AED eingedrückt, und in die Lage AED gebracht wird. Aber das Saugen bringt Feuchtigkeit in die Röhre, und der Inhalt solcher Gefäße ist schwer zu bestimmen. Man bleibt also billig bey der Kugelgestalt.

Das vornehmste hiebey ist, die schickliche Größe des Gefäßes auszumachen. Luz giebt die Regel, wenn ein Queckſilberthermometer vom Siedpunkte bis — 30 Grad nach Reaum. reichen solle, so müsse der Inhalt der Kugel K, 47 mal den Inhalt der Röhre R ausmachen, oder K = 47 R seyn. Solle es aber von der Hitze des kochenden Queckſilbers bis — 30 Grad gehen, so sey K = 18 R.

Folgende Regel ist allgemein und genauer. Es dehne sich die Materie des Thermometers vom Eispunkte bis zum Siedpunkte um $\frac{1}{c}$ ihres Volumens aus, und dieser Fundamentalabstand halte a Grade. Soll nun die Röhre solcher Grade überhaupt n fassen, und sollen deren m unter den Eispunkt fallen, so verhält sich der Röhre ganzer Inhalt R, zu dem Inhalte des Theils, der zwischen der Ku-

gel und dem Eispunkte liegt, wie n : m, und der Inhalt des zuletzt genannten Theils ist $= \frac{m}{n}$. R.

Bey der Temperatur des Eispunkts füllt nun die Materie diesen Theil und die Kugel zusammen, oder

$$\frac{m}{n}. R + K = \frac{mR + nK}{n}$$

aus. Von diesem Volumen beträgt der Fundamentalabstand $\frac{1}{c}$, also jeder Grad $\frac{1}{ac}$, und die ganze Röhre selbst, welche n Grade hat, $\frac{n}{ac}$. Mithin ist

$$R = \frac{mR + nK}{ac}$$

woraus $acR - mR = nK$, und

$R : K = n : ac - m$

folgt.

Ex. Für die Ausdehnung des Queckſilbers vom Eispunkte zum Siedpunkte ist $c = 64$. Soll nun die Scale 80 Grad haben, und die Röhre noch 30 Grad unter dem Eispunkte fassen, so wird

$R : K = 80 + 30 : 80. 64 - 30 = 1 : 46\frac{3}{17}$ (47 nach Luz)

Soll die Röhre den Kochpunkt des Queckſilbers erreichen, oder bis 255 Grad gehen, so hat man

$R : K = 255 + 30 : 80. 64 - 30 = 1 : 17\frac{5}{7}$ (18 nach Luz)

Will man etwa zu einer besondern Absicht die Röhre nur vom Eispunkte bis zur Wärme des schmelzenden Wachses oder bis 48 Grad gehen lassen, so ist $n = 48$; $m = 0$; also $R : K = 48 : 80. 64 = 1 : 106\frac{2}{3}$

Für den Weingeist ist c nicht so bestimmt, im Durchschnitte etwa $= 8\frac{1}{7}$.

So bestimmt man sehr leicht das Verhältniß zwischen den Capacitäten der Röhre und des Gefäßes. Um nun hieraus, wenn das Gefäß eine Kugel ist, deren Durchmesser $= x$ zu finden, muß noch der Röhre Länge $= l$,

Digitized by Google

und ihr Durchmesser oder ihre Weite im Lichten = d, gegeben seyn. Alsdann ist nach den Sätzen der Geometrie

$$R : K = \tfrac{1}{4}\pi ld^2 : \tfrac{1}{6}\pi x^3$$
$$= \tfrac{3}{2} ld^2 : x^3 = n : ac - m,$$

Mithin $x^3 = \tfrac{3}{2} ld^2 \cdot \frac{ac-m}{n}$.

woraus man die Cubikwurzel ziehen muß, um x, den Durchmesser der Kugel zu haben.

Herr de Lüc (Unterſ. über die Atm. B. I. der Ueberſ. S. 611.) theilt eine Formel von Durand mit, welche weit unbequemer ausgedrückt, und dennoch nur für die Fälle richtig ist, wo n = a + m, oder wo keine Grade über dem Siedpunkte verlangt werden. In seinem Beyspiele sollen 20 Grade unter dem Eispunkte seyn, daher R : K = 100 : 80. 64 — 20 = 1 : 51. Die Länge der Röhre sey 107 Lin., die Weite im Lichten $\frac{1}{4}$ Lin., so wird $\frac{3}{2} ld^2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{107}{16} = 10\frac{1}{32}$. Also $x^3 = 51. 10\frac{1}{32}$, d. i. fast 512, woraus die Cubikwurzel 8 den Durchmesser der Kugel = 8 Lin. giebt.

Die Praktiker machen jedoch wenig Gebrauch von solchen Regeln, weil es schwer ist, den Durchmesser der engen Röhre recht genau abzumessen. De Lüc sagt, einige Uebung gebe schon Fertigkeit, die schickliche Größe der Kugel, auch ohne Rechnung, zu treffen. Luz räth an, eine Menge Kugeln in Bereitschaft zu halten, und an jeder zu bemerken, wie viel Queckſilber dem Gewichte nach hinein gehe. Wenn man alsdann das Verhältniß R : K aus irgend einer Regel oder Formel gefunden hat, so kan man die Röhre erſtlich leer, und dann voll Queckſilber abwiegen. Man findet dadurch, wie viel Queckſilber in die Röhre geht, berechnet nun aus R : K, wie viel in die Kugel gehen muß, ſucht ſich aus den fertigen Kugeln diejenige aus, die so viel faſſet, und ſchmelzt entweder dieſe ſelbſt an die Röhre an, oder bläſet die neue nach ihrer Größe, vermittelſt einer in ein Kartenblatt geſchnittenen Lehre.

Das Füllen der Queckſilberthermometer iſt eine ſehr mühſame Arbeit. Man muß zuförderſt die Röhre wohl

Digitized by Google

trocknen und reinigen. Dies geschieht, indem man sie über einem lang ausgebreiteten Kohlenfeuer ihrer ganzen Länge nach auf einmal stark erhitzt, ohne doch die Kugel zu erwärmen. Indem nun so die Luft in der Röhre verdünnt, und die Feuchtigkeit in Dampf verwandlet ist, kehrt man sie in die Höhe und erhitzt die Kugel. Dadurch dehnt sich die Luft in dieser aus, und treibt Luft und Dämpfe der Röhre durch die obere Oefnung hinaus.

Die Kennzeichen der Reinigkeit des Queckſilbers sind beym Worte Queckſilber (Th. III. S. 601.) angegeben. Zum Einfüllen wird oben an die Röhre ein kleiner gläserner Trichter angeschmolzen, oder ein 2—3 Zoll breiter Papierstreif umgerollt und festgebunden, worein man das Queckſilber durch eine papierne Düte mit einer sehr kleinen Oefnung laufen läst. Dem von Strohmeyer bemerkten Umstande, daß das Queckſilber vom Papiere Staub und Fasern annehme, kan man ausweichen, wenn man reines feines Papier nimmt, und den Rand mit einer scharfen Scheere glatt schneidet.

Indem nun die Kugel von dem erst beschriebenen Austreiben der Dämpfe noch heiß ist, füllt man den Trichter oder die Papierröhre fast ganz an, und läst die Kugel erkalten. Dadurch verdichtet sich die Luft in ihr, und das Queckſilber wird in den Raum getrieben, den sie verläßt. Durch Wiederholungen dieses Verfahrens wird die Kugel beynahe voll gefüllt: man muß aber den obern Trichter nie ganz leer werden lassen, weil sich sonst das Häutchen, das man allemal auf der Oberfläche des Queckſilbers findet, mit in die Röhre ziehen würde. Wenn nun die Kugel fast voll ist, kocht man das Queckſilber in derselben. Es erhebt sich dadurch bis in den Trichter: wenn man aber die Kugel vom Feuer hinwegnimmt, fällt es sogleich mit Geräusch zurück, und wenn genug Queckſilber im Trichter ist, so füllt sich dadurch Kugel und Röhre völlig an.

Manche vollenden hiedurch die gänzliche Anfüllung auf einmal. Dies ist aber eine falsche Methode, weil so allemal aus der Luft, die noch im Queckſilber war, eine Blase entsteht, welche sich zwischen der Kugel und der Röhre an-

Digitized by Google

ſetzt. Man muß daher, ſo bald man die Kugel vom Feuer nimmt, das Queckſilber ganz aus dem Trichter gießen; ſo bleibt nach dem Erkalten die Röhre leer, und die Luftblaſe wird frey.

Nun wird die Kugel in eine Kohlenpfanne gelegt, und die horizontal liegende Röhre durch eine zweyte Kohlenpfanne nach und nach von unten auf, ohne Kochen erhitzt. Dadurch dehnt man das Queckſilber allmählig aus, und es behält immer Freyheit, alle Luft und Dämpfe, die etwa noch in der Röhre ſind, vor ſich her und am obern Ende herauszutreiben. Sobald das aufgeſtiegene Queckſilber im Trichter erſcheint, gießt man durch die Papierdüte noch etwas mehr hinzu, als nöthig iſt, nach dem Erkalten alles anzufüllen. Die genaue Vereinigung des Queckſilbers in der Röhre mit dem im Trichter wird von einigen durch einen in die Röhre geſteckten Stahldrath, oder ein Roßhaar, befördert. Richtet man nun die Röhre auf, und nimmt ſie von den Kohlen hinweg, ſo bleibt alles, nebſt noch einem Theile des Trichters, gefüllt, und in dieſem Zuſtande kan man es viele Tage, ja ſo lang man will, ſtehen laſſen.

Die Weingeiſtthermometer ſind weit leichter zu füllen. Man erwärmt nur die Kugel, kehrt das Thermometer ſchnell um, und ſtellt das offne Ende in Weingeiſt. Durch Wiederholung dieſes Verfahrens füllen ſich Kugel und Röhre, und man treibt die Luftblaſe aus der Kugel heraus, indem man an der Röhre oberes Ende einen Bindfaden bindet, und das Thermometer daran herumſchleudert, wobey der Schwung den Weingeiſt in die Kugel treibt, und die Luft herauszugehen nöthigt.

Strohmeyer ſchlägt vor, das Queckſilber auf eben dieſe Art in die Thermometer zu füllen, und zuvor in einem beſondern Gefäße zu kochen. Herr Luz aber zeigt ſehr deutlich, daß ſich auf dieſe Art die Kugel nie ganz fülle, und daß die Abweichungen, welche Strohmeyer für Fehler der luftleer gemachten Thermometer hält, vielmehr von dieſer unrichtigen Methode der Füllung herkommen.

Es folgt nunmehr das Zuſchmelzen der Röhre, wobey man ſich aber vorher verſichern muß, daß gerade die nö-

Digitized by Google

thige Menge von Queckſilber darinn bleiben werde. Man erwärmt in dieſer Abſicht das Thermometer mit umgekehrter Röhre ein wenig in der Hand, ſo daß ein Tropfen Queckſilber herausgeht, und beym Erkalten am obern Ende ein kleiner Raum leer bleibt. Hierauf wird dieſes Ende an der Lampe in eine feine, jetzt noch ofne, Spitze ausgezogen. Man bringt nun alles nach und nach in ſiedendes Waſſer, damit das überflüßige Queckſilber langſam herausgehe. Wenn nichts mehr ausläuft, wird es ſo ſchnell als möglich, abgetrocknet, und die Kugel auf glühende Kohlen gebracht, bis noch einige Tropfen herausgehen, welche in der Röhre ſo viel Grade einnehmen würden, als noch über den Siedpunkt kommen ſollen. Alsdann wird die Spitze durch die darangebrachte Flamme der Lampe augenblicklich zugeſchmolzen.

Man unterſucht noch, ob etwa nun zu wenig Queckſilber in der Röhre ſey, indem man alles in zergehendes Eis ſetzt, und bemerkt, ob der Eispunkt hoch genug fällt, um noch ſo viel Graden, als man unter ihm haben will, Raum zu verſtatten. Steht der Eispunkt zu tief, ſo muß die Spitze wieder abgebrochen, die Papierröhre wieder aufgeſetzt, und nach der im vorigen beſchriebnen Methode etwas mehr Queckſilber hinzugebracht werden, welches gar viel Vorſicht und Fertigkeit erfordert.

Iſt endlich die Menge des Queckſilbers hinreichend, ſo läſt man das Queckſilber über Kohlen bis ganz hinauf ſteigen, ſchmelzt die ganze Spitze ab, und verſchließt die Röhre ſo, daß das obere Ende etwas ſtark an Glaſe wird. Auf dieſe Art wird das Thermometer luftleer, das Queckſilber ſchlägt beym Umkehren heftig an das verſchloßne Ende, und theilt ſich, wenn es gut gekocht iſt, ſelbſt beym ſtärkſten Schütteln, nicht.

Erſt, wenn die Röhre völlig zugeſchmolzen iſt, beſtimmt man auf die im vorigen gelehrte Art beyde feſte Punkte, und bezeichnet ſie mit feinen Fäden, die mit Gummiwaſſer befeſtiget werden. Der Siedpunkt wird zuerſt beſtimmt, damit ſich der Faden am Eispunkte im Waſſer nicht wieder verſchiebe.

Digitized by Google

Bey Thermometern, welche für hohe Grade der Hitze bestimmt sind, muß im obern Theile der Röhre etwas Luft bleiben, um das Aufwallen und Ausspritzen des Queckſilbers zu verhüten. De Lüc räth an, solche Thermometer in siedendem Baumöle zuzuschmelzen. Ihr Queckſilber muß vorzüglich wohl von Luft gereinigt seyn, und man darf sie niemals umkehren, um keine Luft in die Kugel zu bringen.

Ducreſt ließ in seinen Weinthermometern Luft über dem Liquor, um sie zur Annehmung der Hitze des siedenden Waſſers geschickt zu machen. Er schmolz deswegen die Röhre zu, indem der Weingeiſt auf dem Punkte seiner gemäßigten Temperatur stand. Beſſer iſt Durands Methode, welche de Lüc (Unterſ. §. 423. c.) beſchreibt, bey der man luftleeren Raum über dem Weingeiſte läſt, in den aus ihm Luftblaſen aufſteigen, wodurch er nach und nach immer mehr Hitze anzunehmen geſchickt wird. Doch findet Herr Luz dieſe Methode ſehr ſchwer, und giebt daher drey Arten an, luftleere Weingeiſtthermometer ſo zu verfertigen, daß ſie die Siedhitze des Waſſers aushalten (Anw. Therm. zu verf. §. 61 u. f.). Inzwiſchen hat Ducreſts Methode Anlaß gegeben, den luftleeren Raum über der Materie des Thermometers für unnöthig zu halten, und man hat ſogar luftvolle Queckſilberthermometer den luftleeren vorziehen wollen.

An dieſen letztern tadlet z. B. Strohmeyer, das Queckſilber ſchlage beym Umkehren und Schütteln heftig gegen das Ende ihrer Röhre, und es ſetze ſich gewöhnlich eine Blaſe oder leere Stelle zwiſchen Kugel und Röhre. Luz bemerkt aber, daß das erſte wenig bedeute, und das zweyte nur bey den nach der ſtrohmeyeriſchen Methode gefüllten Werkzeugen ſtatt finde. Es wird ferner von Luz gezeigt, daß die ſtrohmeyeriſchen Weingeiſtthermometer, die dieſer als luftleere tadlet, in der That nicht luftleer geweſen ſind, und daß in luftvollen Werkzeugen bey einem hohen Stande des Liquors die Luft ſo viel Elaſticität erhält, daß ſie die Kugel entweder zerſprengt, oder doch ausdehnt, oder auch

Digitized by Google

den Liquor comprimirt, welcher daher in luftvollen Thermometern allemal niedriger, als in luftleeren, ſteht.

Nach gehörig beſtimmten feſten Punkten wird das Thermometer auf ein mit Papier überzognes Bret gebracht, wozu de Lüc der Länge nach geſpaltnes Tannenholz empfiehlt. Auf dieſem wird die Stelle der feſten Punkte bemerkt, ihr Abſtand gehörig eingetheilt, und die Scale ſo gezeichnet, daß ihre Linien auf dem ebnen Brete hinter der Thermometerröhre durchgehen. Man kan noch mehrere Scalen daneben zeichnen, und dabey die merkwürdigſten Temperaturen mit ein paar Worten angeben. Endlich wird alles mit einem Copalfirniß überzogen.

Man befeſtiget das Thermometer mit Drath, den man an zween Orten durch eingebohrte Löcher im Brete feſt anzieht. Damit die Röhre nicht ſinke, wird insgemein die Kugel durch ein untergeſetztes Holz unterſtützt. In manchen Fällen aber muß die Kugel ganz frey ſeyn, um die Temperatur der Luft ungehindert anzunehmen. Alsdann wird das Bret unten um die Kugel herum ausgeſchnitten, und man verhindert das Sinken der Röhre, indem man ſie unmittelbar über dem obern Hafte mit einem mit Wachs beſtrichenen Faden umwickelt.

Zu Beobachtung der Temperatur der Luft muß das Werkzeug ſo frey als möglich, am beſten in einem Garten u. dergl. aufgehangen, und durch ein Obdach gegen Regen und Sonnenſtralen geſchützt werden. Sonſt muß man im Hauſe den freyſten Ort gegen Norden wählen, von Fenſtern geheizter Zimmer entfernt, und ſo gelegen, daß auch keine reflectirten Sonnenſtralen dahin kommen. Bey Beobachtungen der Wärme im Sonnenſchein, der Wärme einer flüßigen Materie, der des menſchlichen Körpers ꝛc. muß das Thermometer vom Brete abgenommen, und ſein Stand mit einem Faden oder Läufer von Federkiel bemerkt werden.

Man beobachtet die Thermometer in ſenkrechter Stellung. Die horizontale (welche einige vorgeſchlagen haben, damit ſich der Liquor nicht durch die Höhe ſeiner Säule zuſammendrücke) ſetzt luftvolle Werkzeuge voraus, und würde

beym Weingeiſte wegen des Anhängens am Glaſe Unrichtigkeit veranlaſſen. Bey der Beobachtung muß das Auge genau in einerley Horizontalebne mit der Oberfläche des Liquors ſtehen, um die ſonſt entſtehende Parallaxe zu vermeiden. Wenn das Bret eben iſt, und die Striche der Scale hinter der Röhre durchgezogen ſind, ſo erſcheint unter dieſen Strichen, die ſich in der Röhre ſpiegeln, nur einer horizontal; und wenn dies derjenige iſt, der an der Oberfläche des Liquors ſteht, ſo hat das Auge die rechte Stelle, und eben dieſer Strich giebt den richtigen Grad an.

Endlich muß man auch auf die Ausdehnung des Glaſes und des Brets ſelbſt Achtung geben. Dazu ſchreiben die engliſchen Gelehrten (Philoſ. Trans. Vol. LXVII. P. II. no. 37.) folgende Regel nach Smeaton's Verſuchen vor. Es ſey die Temperatur, bey der die Röhre an die Scale iſt befeſtiget worden = a; der beobachtete Grad bey einem Verſuche = d; der Grad, bey welchem die Röhre an der Scale feſt iſt, = f. So iſt der beobachtete Grad um $\frac{(d-f).(d-a)}{n}$ Grad zu vergrößern. Für eine Scale von Meſſing iſt n = 165000; für eine auf Holz iſt n = — 216000, wo das negative Zeichen bedeutet, daß die Zahl des Grades zu vermindern ſey. Iſt der Zähler negativ, ſo verwandlet ſich die Vergrößerung in Verminderung u. ſ. w. Bey gewöhnlichen Beobachtungen wird d — a immer ſehr klein ausfallen, und die ganze Berichtigung wenig bedeuten.

Obgleich über die Vorzüge des Queckſilbers kein Zweifel mehr ſtatt findet, ſo empfiehlt doch de Lüc ſelbſt zum gemeinen Gebrauch für Witterungsbeobachtungen die Weingeiſtthermometer, weil ſie ſo wohlfeil, ſo leicht zu füllen, und wegen des gefärbten Liquors dem Auge angenehm ſind (welcher Umſtand dem Beobachter in Jahren, da das Auge ſchwach wird, gar nicht gleichgültig iſt). Er will aber, daß ſie nach einem Normalthermometer von Queckſilber graduirt werden, mithin ungleiche Grade bekommen ſollen. Dieſes den Künſtlern zu überlaſſen, möchte doch ſehr un-

Digitized by Google

ſicher ſeyn. Herr Luz empfiehlt Thermometer mit Salmiakgeiſt, der faſt einerley Gang mit dem Weingeiſte habe, und durch Grünſpan (flores veneris) eine ſehr ſchöne und dauerhafte blaue Farbe annehme.

Luftthermometer.

Es iſt zwar das Geſetz, nach welchem die Dichte der Luft von ihrer Wärme abhängt, nicht zuverläßig bekannt: inzwiſchen könnte man hierüber mit Daniel Bernoulli (Hydrodyn. Sect. X. §. 8.) annehmen, bey gleicher Dichte verhalte ſich die Wärme, wie die Federkraft. Dieſer Satz ſagt im Grunde ſo viel, als: die Wärme verhalte ſich, wie die ſpecifiſche Federkraft, und es iſt wenigſtens noch nicht erwieſen, daß er unrichtig ſey. Da die ſpecifiſche Elaſticität der Luft durch Wärme, Feuchtigkeit und chymiſche Miſchung beſtimmt wird, ſ. Luft (Th. III. S. 17 u. f.), ſo iſt es vielmehr wahrſcheinlich, daß ſie ſich, wie die Wärme, verhalte, wenn Feuchtigkeit und Miſchung ungeändert bleiben.

Aus dieſem Satze würde folgen, daß bey gleicher Maſſe der Luft und bey gleichem Drucke die Wärme im Verhältniße des Raums wächſt, durch den ſich die Luft ausdehnt, und daß ſich bey gleichem Raum und Drucke die Wärme umgekehrt, wie die Dichte, verhält. Dieſe Sätze hat auch Lambert (Abhandl. von den Barometerhöhen und ihren Veränd. in den Abhandl. der churbayr. Akad. der Wiſſenſch. III. B. 2 Th. S. 89.) angenommen, und wenn ſie wahr ſind, ſo kan man luftthermometer angeben, die allerdings etwas mehr, als bloße Thermoſkope, ſind.

Man kan nemlich eine gewiſſe beſtimmte Wärme, z. B. die Siedhitze des Regenwaſſers bey einer beſtimmten Barometerhöhe, zur Einheit oder zum Maaße annehmen, und andere damit im geometriſchen Verhältniße vergleichen. So fand Bernoulli, daß ſich die Siedhitze, die gröſte Sommerwärme, und die geringſte Wärme im Winter zu Petersburg, faſt wie die Zahlen 6, 4, 3 verhielten.

Digitized by Google

Ein hiezu geschicktes Luftthermometer erhielte man, wenn man an einem gewöhnlichen unten aufwärts gekrümmten Gefäßbarometer ABH, Taf. XXIV. Fig. 52, die Oefnung des Gefäßes H zuschmelzte. Die in den Raum EHF eingeschloßne Luft wird bey größerer Wärme eine höhere, bey geringerer eine niedrigere Queckſilberſäule tragen; und wenn der Durchmeſſer des Gefäßes EF gegen die Weite der Röhre ſehr groß iſt, ſo wird der Raum EHF, mithin die Dichte der eingeſchloßnen Luft, faſt immer einerley bleiben. Mithin wird ſich die Wärme, wie die Höhe der Queckſilberſäule EG verhalten. Dieſe Einrichtung ſchlug Hermann (Phoron. L. II. Prop. 85. Schol. p. 377.) vor, um dadurch vermittelſt einer Formel die mittlere Geſchwindigkeit der Theilchen zu finden, in deren Bewegung er nach dem carteſianiſchen Syſtem das Weſen der Wärme und Federkraft ſetzte.

Daniel Bernoulli (Hydrodyn. l. c.) wollte den Fehler vermeiden, der aus dem Auf- und Abrücken der Queckſilberfläche EF entſteht, wodurch der Raum EHF doch in der That verändert wird. Er ſchlägt daher vor, den Punkt M zu beſtimmen, bey dem das Queckſilber im ſiedenden Waſſer ſteht, und das Inſtrument ſo einzurichten, daß man die Röhre AB an der Tafel in jede ſchiefe Lage Ea bringen könne. Geſetzt nun, die Queckſilberſäule reiche nur bis G, ſo neigt man die Röhre ſo lange, bis das gegen a zu rückende Queckſilber nach g kömmt, wo Eg = EM. In dieſer Lage iſt in der Röhre eben ſo viel Queckſilber, als in EM Platz hat; daher auch eben ſo viel im Gefäße, als bey der Zubereitung des Werkzeugs im ſiedenden Waſſer darinn war, mithin der Raum EFH immer gleich groß. Jetzt verhält ſich alſo die Siedhitze des Waſſers zur gegenwärtigen Wärme, wie EM zu gh. Will man andere Grade der Wärme, z. B. den, wobey das Barometer auf 28 Zoll ſteht, und der Cubikfuß Luft 600 Gran wiegt, zum Maaße annehmen, ſo giebt Bernoulli auch hiezu Vorſchriften, welche man bey Karſten (Lehrbegrif der geſ. Math. III. Th. Aerostatik, §. 107.) nachleſen kan. Da es beſchwerlich iſt, die Röhre jedesmal in eine ſchiefe Lage zu bringen, ſo hat

Digitized by Google

Herr von Segner (Progr. de aequandis thermometris aëreis. Gott. 1739. 4.) gezeigt, wie sich die Reduction der Höhe EG auf gh durch Rechnung bewerkstelligen lasse. Lambert schlug vor, dieses Luftthermometer in Verbindung mit dem Barometer zur Bestimmung der Menge der in der Luft schwebenden Dünste zu gebrauchen, s. Luft (Th. III. S. 21).

In der Folge aber ist Lambert (Pyrometrie. Berlin, 1779. gr. 4.) wieder zu dem leichter zu gebrauchenden Luftthermometer des Amontons, Taf. XXIV. Fig. 48. zurück gegangen. Er macht aber dabey die Aenderung, daß die Scale HE nicht in Zolle, sondern in Grade getheilt wird, deren jeder $\frac{1}{1000}$ desjenigen Raums beträgt, welchen die Luft in der Kugel CD bey der Temperatur des zergehenden Eises einnimmt. Diese Einrichtung gab er seinem Luftthermometer durch eine sehr genaue Abwägung des Queckſilbers, welches in Kugel und Röhre Platz hatte, und durch sorgfältiges Calibriren aller Theile der Röhre. Er zog ferner die Wirkung des Drucks der Atmosphäre und der Verlängerung und Verkürzung der Queckſilbersäule selbst, bey den Veränderungen der Wärme, mit großer Aufmerksamkeit in Betrachtung. Nach allen diesen Berichtigungen zog er endlich aus seinen mühsamen Versuchen das Resultat, daß sich die Luft, wenn man ihr Volumen bey der Temperatur des zergehenden Eises = 1000 setze, in der Hitze des kochenden Wassers bis zum Volumen 1375, oder um $\frac{375}{1000} = \frac{3}{8}$ ausdehne; wofür er doch hernach die runde Zahl 1370 annimmt, s. Luft (Th. III. S. 18).

Er giebt daher dem Fundamentalabstande dieses Luftthermometers 370 Grade so, daß zum Eispunkte 1000, zum Siedpunkte 1370 gesetzt wird. Dürfte man die zu Anfang dieses Abschnitts erwähnten Sätze in aller Schärfe für richtig annehmen, so würden die Grade eines genau verfertigten Thermometers von dieser Art Verhältniße der wirklichen Wärme angeben: es müste sich z. B. die Wärme des zergehenden Eises zur Siedhitze des Wassers wirklich, wie 3 : 8 verhalten. Lambert empfiehlt also dieses Thermometer als ein solches, das Grade der

wirklichen Wärme angebe, mithin eine an sich selbst verständliche Sprache führe.

Es hat aber mit dem Satze, daß die Wärme der Federkraft proportional sey, eben die Bewandniß, wie mit dem mariottischen Gesetze. In geometrischer Strenge kan er nicht wahr seyn, weil sonst für die Wärme = o das ganze Volumen der Luft verschwinden, also ein Körper ohne Ausdehnung statt finden müste. Ob aber der Satz innerhalb der Grenzen unserer Versuche wahr sey, kan nur durch Erfahrungen ausgemacht werden. Roy's Versuche (s. Luft, Th. III. S. 20.), und die von Luz (Vollst. Beschr. v. Barom. Nürnb. u. Leipz. 1784. gr. 8. Anh. S. 45.) angeführten, scheinen doch eher die Sache zweifelhaft zu machen. Der Raum verbietet mir, diese Untersuchungen hier zu berühren. Wäre es aber auch erwiesen, daß dieses Werkzeug Verhältniße wirklicher Wärme zeige, so würde dasselbe dennoch wegen der Schwierigkeit, allezeit gleich feuchte und gleich gemischte Luft in die Kugel einzuschließen, ingleichen die Einflüße des Drucks der Atmosphäre und der Ausdehnung des Queckſilbers genau zu bestimmen, allemal ein sehr unsicheres und zu den täglichen Beobachtungen der Wärme ganz unbequemes Instrument bleiben.

Weit vortheilhafter läst es sich als ein Maaß der Ausdehnungen oder Dichtigkeiten eingeschloßner Luft, bey bekannten Graden der Wärme, gebrauchen. Alsdann giebt man ihm die beym Worte Manometer (Th. III. S. 137.) erwähnte Gestalt. In dieser ist es von Roy und Luz gebraucht worden. Der letztere (Beschreib. von Barometern, S. 416 u. f.) giebt gute Anweisungen zu seiner Verfertigung, und legt (S. 424.) in einer Tabelle die Resultate seiner damit angestellten Versuche vor.

Metallthermometer.

Da sich auch feste Körper, und vorzüglich die Metalle, durch die Wärme ausdehnen, und durch die Kälte wieder zusammenziehen, so kan man sich ihrer ebenfalls bedienen,

Digitized by Google

um dadurch das Zu- und Abnehmen der Wärme zu beobachten, und bestimmte Grade desselben anzugeben. Dies ist die Absicht der **Metallthermometer**, welche besonders zu Bemerkung großer Grade der Hitze dienen können, in welchen flüßige Materien schon kochen würden. Diese nennt man nun auch Pyrometer.

Der Name **Pyrometer** ward zwar anfänglich solchen Vorrichtungen beygelegt, welche zu Ausdehnungsmaaßen bey schon bekannter Wärme dienen sollten, s. **Pyrometer**: jetzt aber ist es gewöhnlich, alle Werkzeuge **Pyrometer** zu nennen, welche zu Bestimmung hoher Grade der Hitze dienen. **Lambert** unterscheidet Pyrometer vom Thermometer so, daß jenes die dem Gefühl unerträglichen, dieses die geringern Grade der Wärme angeben soll, s. **Pyrometrie**. In diesem Sinne lassen sich alle Metallthermometer zu den Pyrometern zählen; auch können die meisten der beym Worte **Pyrometer** beschriebnen Werkzeuge als Thermometer gebraucht werden. Hier sind nur noch diejenigen Metallthermometer zu erwähnen, welche von ihren Erfindern ganz eigentlich zu Angebung von Graden der Hitze bestimmt worden sind.

Cromwell Mortimer (A discourse concerning the usefulness of thermometers in chemical experiments &c. with the description and uses of a metalline thermometer newly invented in Philos. Trans. Vol. XLIV. n. 484. Append. p. 672.) gab 1735 ein solches an, wo ein runder eiserner Stab BA, Taf. XXIV. Fig. 53, von $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser, und 3 Fuß 1 Zoll Höhe bey B in einem unbeweglichen Gestell befestigt ist, und durch seine Verlängerung den kürzern Arm des um G beweglichen Hebels EGF erhebt. Am Ende des längern Arms bey F ist ein Faden über die Rolle H geführt, welcher durch das Gewicht I gespannt wird, so daß beym Herabsinken des Arms GF die Rolle H sich drehen, und den Zeiger HN umwenden muß, der auf der unbeweglichen Scheibe MNO die verlangten Grade anzeigt. Wenn der Stab AB sich wieder verkürzt, so zieht das Gegengewicht L den Hebel bey E wieder herab, erhebt das Ende F, und läßt dem Gewichte I Freyheit, die Rolle

Digitized by Google

H zurück zu drehen und den Zeiger in die vorige Lage zu bringen. Weil hiebey AG sehr kurz gegen GF, und die Rolle sehr klein gegen den Zeiger, gemacht werden kan, so lassen sich auch geringe Veränderungen der Länge des Stabs merklich machen. Mortimer bezifferte die Scheibe nach den Graden der fahrenheitischen Scale so, daß der Zeiger in der horizontalen Lage auf 212 wies. Eine Erhebung von etwa 75° bezeichnete die Siedhitze des Queckſilbers, und eine Umdrehung durch 180° die Hitze des schmelzenden Goldes.

Eine andere von einem Künſtler, John Ingram zu Spalding in Lincolnſhire, ausgeführte Einrichtung (Phil. Transact. Vol. XLV. num. 485. p. 128.) hat ebenfalls einen aufrechtſtehenden eiſernen Stab, der durch ſeine Verlängerung einen Hebel der zweyten Art nahe bey deſſen Ruhepunkte erhebt. Das Ende dieſes Hebels hebt auf eine ähnliche Art einen zweyten Hebel, und erſt dieſer drehe durch einen an ſein Ende befeſtigten Faden die Rolle mit dem Zeiger um. Verkürzt ſich die Stange wieder, ſo ſinken beyde Hebel durch ihr Gewicht zurück, und bringen den Zeiger in die vorige Lage. Das Inſtrument ward im Muſeum der Gentlemens Society zu Spalding aufbewahret, und ſoll mit Beobachtungen nach andern Werkzeugen gut übereingeſtimmt haben. Der eigentliche Erfinder war ein gewiſſer Frotheringham in Holbeach.

Andere haben, um die Veränderungen merklicher zu machen, ſtatt der Hebel Räderwerk gebraucht. Dahin gehören die Metallthermometer von Fitzgerald (Philoſ. Trans. Vol. LI. P. II. p. 827.), vom Erbmarſchall der Chur-Sachſen Grafen von Löſer (Thermometri metallici ab inventione Comitis *Loeſeri* deſcriptio, auct. *Jo. Dan. Titio.* Lipſ. 1765. 4.) und von Zeiher (Nov. Comm. Petrop. To. IX. p. 305.). Hier wird es genug ſeyn, eine kurze Beſchreibung des gräflich-löſeriſchen mitzutheilen.

An dem obern Theile des eiſernen Cylinders AB Taf. XXV. Fig. 54. befinden ſich die Hebel AD und AC. An dieſen iſt das bieyerne Prisma DE befeſtiget, welches bey E mit dem Arme des oben bezahnten Sectors FPG ver-

bunden ist. Dieser Sector ist bey G um eine Axe beweglich, und greift mit seinen Zähnen in das Getriebe L, an dem das Stirnrad K befestiget ist, welches oberwärts in das Getriebe M greift, woran der Zeiger MN steckt, unten aber greift es in das Stirnrad H, an dessen Welle I sich der Zeiger IO befindet. Dieses ganze Räderwerk ist von aussen durch eine größere Scheibe α, Fig. 55. und eine kleinere β verkleidet, an welchen sich die Zeiger mn und io herumdrehen. Die kleine Scheibe ist in Grade getheilt, welche die Größe der Ausdehnung in Graden der de l'isli-schen Scale bemerken. Die größere Scheibe ist in zehn Theile getheilt, und bemerkt Decimaltheile der Grade auf der kleinern Scheibe. Die 55ste Figur zeigt das Instrument so, wie es sich mit allen seinen Bedeckungen von aussen darstellt.

Herr Felter, Mechanikus in Braunschweig, hat neulich ein sehr empfindliches Metallthermometer zu Stande gebracht (s. Magaz. für das Neuste aus der Physik ꝛc. IV. B. 3. St. S. 89.). Es besteht aus zwo senkrechten cylindrischen Stangen, einer von Messing, der andern von Eisen, die parallel nebeneinander herablaufen. Jede hat über 4 Fuß Länge, bey 2½ Lin. Durchmesser. Oben sind sie fest an einander vernietet; unten ist an der messingnen ein metallner Zeiger gegen drey Fuß lang fest, der durch die eiserne hindurch geht. Dehnt sich nun die messingne Stange aus, so geht der feste Punkt des Zeigers tiefer herab, da hingegen der längere Theil jenseits beyder Stangen in die Höhe rücket, und bey einer sehr geringen Ausdehnung einen großen Bogen beschreibt. Der Künstler bringt die Stangen ausserhalb des Zimmers an der Mauer an, und läst den Zeiger durch die Mauer ins Zimmer treten, wo er nach vielen Versuchen die fahrenheitischen Grade auf einen Gradbogen getragen hat, die hier so merklich werden, daß man jeden Grad noch in viele Theile theilen kan.

Man wird leicht übersehen, daß alle angegebne Einrichtungen nicht fehlerfrey, zum Theil auch allzusehr zusammengesetzt sind, und die Bestimmtheit der von flüßigen Materien genommenen Maaße nicht erreichen. Die Aus-

Digitized by Google

dehnungen der festen Körper sind an sich zu gering, und die Mittel, sie merklicher zu machen, vergrößern nicht nur die Ungleichheiten und Fehler des Ganges zugleich mit, sondern bringen auch noch neue Ursachen von Abweichungen hervor.

Mittel, hohe Grade der Hitze zu bestimmen.

Der durch seine Fabrikarbeiten von Terracotta oder sogenannter Basaltmasse bekannte Herr **Wedgwood** hat eine bequeme Art, große Grade der Hitze zu bestimmen, auf die Eigenschaften des Thons gegründet, der sich in der Hitze bekanntermassen zusammenzieht, und sich durch plötzliche Erkältung nicht wieder ausdehnt (Phil. Trans. Vol. LXXII. ingleichen Göttingisches Magazin von Forster und Lichtenberg. 3ter Jahrg. 2 St. S. 313.). Um den Grad der Hitze eines Ofens zu bestimmen, legt er einen thönernen Würfel von $\frac{1}{2}$ Zoll Seite hinein, und wirft ihn sogleich, nachdem er die Hitze des Ofens angenommen hat, in kaltes Wasser. Nun mißt er die Seite dieses Würfels auf einem Maaßstabe, der aus zwey messingnen Linealen besteht, deren Seiten etwas schräg gegen einander zu laufen, und so weit von einander stehen, daß man den Würfel in die Ruke, die sie zwischen sich bilden, schieben kan. Er geht desto tiefer hinein, je schmäler seine Seite durch die Hitze geworden ist. An der Stelle, wo der Würfel stecken bleibt, steht auf den Linealen eine Zahl, die den Grad der Hitze angiebt. Wenn die Theilung von dem Punkte des bey Tage sichtbaren Rothglühens anfängt, und man ihr 240 Theile giebt, so schmelzt schwedisches Kupfer bey 28; Gold bey 32; Eisen bey 130 — 150 Grad. Ueber 160 Grad hat **Wedgwood** die Erhitzung seiner Würfel nicht treiben können.

Man hat Angaben solcher hohen Grade der Hitze von **Newton** (Philos. Trans. 1701. num. 270. p. 1.) und von **Krafft** (Comm. Petrop. To. XIV. p. 218. sqq.), die sich auf bekannte Scalen bringen lassen. **Kraffts** Versuche sind mit Pyrometern gemacht: **Newton** hingegen schloß zwar sinnreich, aber doch gewiß sehr unsicher, aus der Zeit

Digitized by Google

der Erkaltung eines glühenden Eisens u. dergl., indem er annahm, diese Zeit müsse sich, wie der Logarithme des Ueberschusses der Hitze über die Temperatur der äussern Luft, verhalten. Die Gesetze der Mittheilung der Wärme, welche hiebey zum Grunde liegen, sind zwar gewiß die richtigen; aber es verwickeln sich in der Anwendung mehr Umstände damit, als von Newton betrachtet und genau bestimmt werden konnten. Ueberdies nahm er an, sein Leinölthermometer zeige absolute Größen der Wärme. Daher läst sich von den Resultaten keine Zuverläßigkeit erwarten. Inzwischen will ich sie hier so mittheilen, wie sie Erxleben, auf die fahrenheitische Scale reducirt, in seine Anfangsgründe der Naturlehre (Vierte Aufl. §. 472.) eingerückt hat.

fahrenh. Gr.	
650.	Das Eisen leuchtet nicht mehr im Dunkeln (Krafft). De Lüc's Entzündungspunkt (*chaleur brûlante*)
752.	Das Eisen leuchtet im Dunkeln (Newton)
770.	Das Eisen leuchtet im Dunkeln (Krafft)
800.	Das Eisen leuchtet in der Dämmerung (Krafft)
805.	Spießglaskönig wird hart (Newton)
884.	Das Eisen leucht in der Dämm. (Newton)
1000.	Das Eisen leuchtet bey Tage (Krafft)
1049.	Hitze eines kleinen Steinkohlenfeuers, ohne daß es angeblasen wird (Newton)
1408.	Hitze eines kleinen Holzfeuers (Newton)

Zum Schlusse dieses Artikels will ich noch Herrn Achard's Vorschlag erwähnen, Höhen der Berge durch den Stand des Siedpunkts am Thermometer zu messen (s. Samml. physikal. und chym. Abhandl. Berlin, 1784. 8. Num. 17). Es wird hiezu ein Thermometer erfordert, dessen ganze Röhre nur etwa 4 reaumür. Grade um den mittlern Siedpunkt herum fasset, wozu das Gefäß 1300 mal mehr Inhalt, als die Röhre haben muß. Jeder Grad müste 2 Zoll betragen, so daß man mittelst eines Zeigers

Digitized by Google

auf einer Scale mit Transverſallinien $\frac{1}{100}$ eines Grades beobachten könnte. Ein ſolches Thermometer ſchließt Herr A. in ein Futteral mit einem doppelten Boden ein, und füllt den Raum zwiſchen beyden Böden mit Weingeiſt, den übrigen Raum des Futterals mit Waſſer. Man hat alſo hieran eine Spirituslampe, durch die das Waſſer ſiedend gemacht, und der Stand des Siedpunkts genau bemerkt werden kan. Man erfährt hieraus den Luftdruck, mithin den Barometerſtand am Orte der Beobachtung, unabhängig von vielen fremden Einflüßen, die ſich beym unmittelbaren Gebrauche des Barometers einmiſchen.

Recherches ſur les modifications de l'atmoſphère par *J. A. de Luc.* à Geneve To. I. & II. 1772. 4. maj.

J. A. de Lüc Unterſ. über die Atmoſphäre, a. d. franz. Leipz. I. Theil. 1776. II. 1778. gr. 8.

Wolf Nützl. Verſuche II. Th. Halle, 1722. 8. Cap. V.

Karſten Lehrbegrif der geſammten Mathem. Drittes Theil. Greifsw. 1769. 8. Aeroſtatik, IV. und VIII Abſchnitt.

G. G. Haubold Diſſ. de thermometro Reaumuriano, reſp. *J. S. T. Gehler.* Lipſ. 1771. 4.

Nollet Leçons de phyſique experim. ed. Paris. 1753. 8. To. IV.

Briſſon Dictionnaire raiſ. de Phyſ. Art. *Thermomètre.*

Strohmeyer Anl. übereinſtimmende Thermometer zu verfertigen. Göttingen, 1775. gr. 8.

Luz vollſtändige Anweiſung, die Thermometer zu verfert. Nürnb. 1781. gr. 8.

Ebend. Vollſtändige Beſchreibung von allen Barometern, nebſt einem Anhang, ſeine Thermometer betreffend. Nürnberg u. Leipz. 1784. gr. 8.

J. P. Eberhards Erſte Gründe der Naturlehre. Halle, 1787. 8. §. 361.

Thermoſkop, ſ. Thermometer.

Thiere, thieriſche Körper, Animalia, Corpora regni animalis, *Animaux.* Diejenigen organiſchen Körper, welchen Leben, Empfindung und willkührliche Bewegung zukömmt, machen unter dem Namen der Thiere ein eignes Naturreich aus, ſ. Naturgeſchichte, Organiſche Körper. Sie zeichnen ſich vor den Pflanzen und Mineralien als weit vollkommnere Geſchöpfe aus, indem ſie ein eignes

Princip der Bewegung in sich haben, und überhaupt eine Menge Erscheinungen zeigen, die man aus den bekannten Eigenschaften und Gesetzen der Materie allein nicht mehr erklären kan. Inzwischen sind diese Vorzüge mancherley Abstufungen unterworfen. So, wie sie sich am Menschen in der erhabensten Vollkommenheit zeigen, so werden sie bey den verschiedenen Classen und Arten der Thiere immer schwächer, und endlich bey den Thierpflanzen so unmerklich, daß diese unvollkommnen Geschöpfe gleichsam den Uebergang aus dem Thierreiche in das Pflanzenreich ausmachen.

So mannigfaltig die äussere Bildung der Thiere ist, so haben sie doch alle das gemein, daß sie ihre Nahrung, die grösstentheils aus den organisirten Reichen entlehnt ist, durch eine einfache Oefnung, den **Mund**, in sich nehmen, und zu diesem auf Willkühr beruhendem Geschäfte durch Hunger und Durst, verbunden mit dem Reize der Eßlust, angetrieben werden. Die Speisen müssen in dem thierischen Körper mancherley Veränderungen erleiden, ehe sie seiner Substanz assimilirt, und zu seiner Ernährung verwendet werden können, s. **Säfte** (Th. III. S. 750). Die Thiere haben nach **Boerhaave's** Ausdrucke gleichsam ihre Wurzeln innerhalb des Körpers, indem der nahrhafte Theil der Speisen aus dem Magen und Darmcanale durch unzählbare kleine Gefäße eingesogen und den Theilen des Körpers zugeführet wird. Das Blut der warmblütigen Thiere zeigt beym gesündesten Zustande eine Wärme von ohngefähr 100 fahrenh. Graden, s. **Wärme, thierische**, welche mit ihrem Athmen in Verbindung zu stehen scheint, s. **Athmen**. Das Blut der kaltblütigen, und der Saft, welcher bey den weißblütigen die Ernährung bewirkt, haben die Temperatur des umgebenden Mittels.

Die Hauptorgane zur Hervorbringung der Bewegungen sind die **Muskeln**, von denen in einem eignen Artikel gehandlet wird. Die meisten werden nach dem Entschluße des Willens durch die **Nerven** in Bewegung gesetzt, woraus die willkührlichen Bewegungen entstehen: andere, z. B. das Herz, wirken ohne Verbindung mit dem Willen un-

Digitized by Google

aufhörlich und ohne Ermüdung, s. Automatische Bewegungen.

Die Nerven entspringen aus dem Gehirn und Rückenmark, und haben auſſer ihrem Einfluße auf die Muſkelbewegung auch das Geſchäft, die äuſſern Eindrücke dem Sitze der Empfindung durch die Sinne mitzutheilen, s. Sinne. Die Beſchaffenheit der ſinnlichen Empfindungen ſowohl, als der Werkzeuge, iſt bey den Thieren ſehr verſchieden. So ſcheinen die Fühlhörner der Inſekten nach Linné Werkzeuge eines eignen Sinnes zu ſeyn, und die Polypen haben bey gänzlichem Mangel der Augen dennoch das feinſte Gefühl vom Licht.

Die Ermüdung der Nerven und Muſkeln macht den Thieren von Zeit zu Zeit eine eigne Art der Ruhe, den Schlaf, nöthig. Auſſer dieſem täglichen Erholungsſchlaf haben noch viele Thiere in der rauhern Jahrszeit einen beſondern tiefen Winterſchlaf, der in einer Art von Erſtarrung beſteht, in welcher die warmblütigen Thiere nur unmerkliche Wärme übrig behalten, und die Puppen der Inſekten dem Leben des darinn ſchlafenden Thieres unbeſchadet oft ſo durchfroren ſind, daß ſie beym Herabfallen auf die Erde wie Eiszapfen oder Glas klingen.

Zu ihrer Erhaltung und Fortpflanzung hat die Natur den Thieren unter andern Mitteln auch die Inſtincte oder thieriſchen Triebe gegeben, vermöge deren ſie aus einem angebohrnen unwillkührlichen Drange ohne Unterricht mancherley zweckmäßige Handlungen vornehmen. Dahin gehören auſſer dem Nahrungs-Vertheidigungs- und Begattungstriebe, der Trieb zum geſelligen Leben, zum Einſammlen der Vorräthe, zum Zuge in wärmere Länder, zur Wahl des Orts für die Eyer, zur Vorſorge für die Jungen, und vorzüglich die bewundernswürdigen Kunſttriebe, von welchen allen Reimarus (Betrachtungen über die Triebe der Thiere. 3te Ausg. Hamburg, 1773. 8.) ſo vortreflich geſchrieben hat.

Der Menſch, dem dieſe Inſtincte gröſtentheils fehlen, wird für dieſen Mangel ſehr reichlich durch den Gebrauch der Vernunft entſchädiget. Dieſe erhebt ihn weit

über die übrige thierische Schöpfung und giebt ihm eine sehr weit ausgebreitete Herrschaft über alle Reiche der Natur.

Linné hat die große Menge der Thierarten unter die sechs Classen der Säugthiere, Vögel, Amphibien, Fische, Insekten und Gewürme geordnet, worinn ihm jetzt fast alle Naturkundige folgen. Man findet die Thiergeschichte oder Zoologie in den Einleitungen zur Naturgeschichte vorgetragen, welche beym Worte Naturgeschichte angezeigt sind. In besondern Rücksichten behandlen diese Wissenschaft Zimmermann (Specimen Zoologiae geographicae. Lugd. Bat. 1777. 4.) und der Verfasser des Entwurfs einer ökonomischen Zoologie (Leipzig, 1778. 8.).

Die Anführung der Schriftsteller über Anatomie und Physiologie des menschlichen Körpers macht einen ansehnlichen Theil der medicinischen Litteratur aus. Statt aller will ich hier nur den vortreflichen von Haller (Elementa physiologiae corporis humani. Lausannae. 1757 — 1766. 4. Tom. I — VIII.) nennen. Thierische Körper überhaupt betreffen die Werke des Severin (Zootomia Democritea s. anatome generalis &c. Norimb. 1645. 4.), Blasius (Anatomia animalium. Amst. 1681. 4.), Valentini (Amphitheatrum zootomicum. Frf. 1720. 1742. fol.), Collins (A syſteme of Anatomy, treating of the body of Men, Beasts, Fishes, Insects &c. Savoy. To. I. II. 1685. fol.), Nehemiah Grew (Comparative anatomy of stomach and guts in dem Mus. reg. societ. Lond. 1680. fol.), Boddaert (Von den Theilen des thierischen Lebens in verschiedenen Thierarten, im 14ten Theile der Abhandl. der haarlemer Ges. der Wiss.), Leske (Progr. de physiologia animalium. Lipſ. 1775. 4.). Die Geschichte und Litteratur der comparativen Anatomie und Physiologie, oder der Vergleichung des menschlichen Körpers mit dem thierischen hat Herr D. Ludwig (Historiae anatomiæ & physiologiae comparantis brevis expositio. Lipſ. 1787. 4. ingl. in Exercitat. academ. Lipſ. 1790. 8. no. III.) behandlet.

Bey der chymischen Zerlegung der Körper des Thierreichs findet man viele Pflanzenstoffe wieder, welche durch die Nahrungsmittel in die thierischen Körper gekommen, zum Theil aber doch sehr verändert und anders zusammengesetzt worden sind. Dahin gehört die **Gallerte**, welche dem Pflanzenschleime ähnlich ist, sich durchs Wasser ausziehen läst, beym Eindicken einen zähen durchscheinenden Körper, und beym gänzlichen Eintrocknen den spröden, hornartigen, aber im Wasser auflöslichen **Leim** bildet. Vom **Fette** und **Blute** ist unter eignen Artikeln gehandlet worden. Die **Milch** besteht aus dreyen blos mit einander vermengten Bestandtheilen, dem **Rahm** oder der **Butter**, die sich ganz, wie ein mildes Pflanzenöl verhält, dem **käsigten Theile**, welcher mehr mit der Materie des Mehls übereinkömmt, und den **Molken**, welche den wäßrichten Theil ausmachen, und ein eignes wesentliches Salz, den **Milchzucker**, aufgelößt enthalten. Der **Mucus** (pituita) scheint mit dem faserichten Theile des Bluts übereinzukommen, aber mit schleimigten gallertartigen Theilen vermischt zu seyn; der **Speichel**, den man sonst für seifenartig hielt, ist doch wohl nichts anders, als ein mit mehrerm wäßrichten verdünnter Mucus. Der **Magensaft** (succus gastricus) ist bey den fleischfressenden Thieren säuerlich, bey den übrigen alkalisch; übrigens enthält er blos Wasser mit ein wenig Kochsalz. Die in der Leber abgesonderte **Galle** besteht aus Wasser, gerinnbarem Stoff, harzigem Stof, etwas wenigem Mineralalkali, und gallertartigem Wesen; andere flüßige Stoffe des thierischen Körpers, als die Ausdünstungsmaterie, der Harn u. s. w. sind nach Beschaffenheit der Nahrungsmittel und des Gesundheitszustandes in ihrer Mischung sehr veränderlich.

Die festen Theile der thierischen Körper sind von mancherley Art, haben aber fast sämmtlich die Mischung des faserichten Theils vom Blute. Die **Knochen** der warmblütigen Thiere bestehen, wenn man sie von den schleimigen, gallertartigen und markigen Theilen befreyt, aus der **Knochenerde**, welche zwar ohne Geschmack und im Wasser unauflöslich, dennoch aber als ein Mittelsalz aus Kalk-

erde und Phosphorsäure anzusehen, und nur mit der Kalkerde übersetzt ist, s. Phosphorsäure. Die Schalen der Schalthiere hingegen, die Korallen, die Eyerschalen u. dergl. sind fast reine Kalkerde; daher auch einige Geologen den Ursprung aller Kalkerde aus dem Thierreiche haben herleiten wollen, s. Kalkerde (Th. II. S. 738.).

Durch die trockne Destillation liefern die Theile der thierischen Körper eine beträchtliche Menge von luftförmigen Stoffen, besonders Luftsäure und brennbare Luft, Pflanzensäure, Phosphorsäure, Kalkerde; überdies die allermeisten ein flüchtiges Laugensalz, und empyreumatisches Oel. Aus dem Fette erhält man eine Säure, die aber offenbar vegetabilischer Natur ist, s. Fett. Die Kohle thierischer Körper liefert nach dem Einäschern Knochenerde.

Auch sind diejenigen Materien des Thierreichs, welche flüchtiges Laugensalz in ihrer Mischung haben, bey dem Zugange der freyen Luft, und dem gehörigen Grade der Feuchtigkeit und Wärme, vorzüglich zur Fäulniß geneigt, s. Fäulniß.

Bey einzelnen Thierarten finden sich noch besondere Bestandtheile, wozu verschiedne Pigmente, z. B. die Cochenille, der schwarze Saft des Tintenwurms (Sepia), der Purpur der Alten aus dem Safte des Murex ramosus und anderer Schnecken; ferner einige Säuren, z. B. die der Ameisen und Maywürmer; ingleichen die Gifte und thierischen Schärfen der spanischen Fliegen, tollen Hunde u. dergl. gehören, deren Natur gröstentheils noch unbekannt ist; endlich der Moschus und das Bibergeil.

Blumenbach Handbuch der Naturgeschichte. 3te Aufl. Dritter Abschnitt: Von den Thieren überhaupt.

Gren systematisches Handbuch der Chemie, I Theil, IV. Abschnitt. II Theil 1. Band. §. 1255.

Thierkreis, Zodiacus, Signifer, *Zodiaque*. Diesen Namen führt ein Streifen oder eine Zone am Himmel, zwischen zween Kreisen, die mit der Ekliptik auf ihren beyden Sei-

ten parallel laufen, und den Raum einschließen, innerhalb deſſen die Planeten allemal zu finden ſind.

Nemlich die Bahnen der Planeten machen mit der Erdbahn oder Ebne der Ekliptik nur ſehr kleine Winkel, ſ. **Neigung der Bahn.** Sie können ſich daher nie weit von der Ekliptik entfernen, und höchſtens kan dieſe Entfernung, oder die geocentriſche Breite, bey der Venus bis auf $8\frac{2}{3}$ Grad ſteigen. Wenn man daher auf jeder Seite der Ekliptik einen mit ihr parallelen Kreis in dem Abſtande von 9 — 10 Grad herumführt, ſo ſchließen dieſe Kreiſe die Zone des Himmels zwiſchen ſich ein, in welcher die Planeten allezeit anzutreffen ſind.

In dieſer Zone ſtehen auch die Sternbilder, von welchen die zwölf Abtheilungen oder **Zeichen der Ekliptik** (ſigna coeleſtia) ihre Namen führen. Weil die Figuren dieſer Bilder gröſtentheils von Thieren genommen ſind, ſo iſt daher die Benennung des **Thierkreiſes** (Zodiacus von ζωον, animal) entſtanden. Auch wird der Thierkreis in ebendieſelben Zeichen, wie die Ekliptik, abgetheilt.

Der Thierkreis macht in aller Abſicht den merkwürdigſten Raum des geſtirnten Himmels aus. Man bringt daher ſeine Fläche mit auf die Ringkugel, um auf ſelbiger die Stellen der Sonne, des Monds und der Planeten angeben zu können, ſ. **Ringkugel.** Man hat auch über die in ihm ſtehende Sterne beſondere **Thierkreiskarten**, und eigne **Verzeichniße der Zodiakalſterne**, ſ. **Sternkarten, Fixſternverzeichniße.**

Thierkreislicht, Zodiakallicht, Zodiakalſchein, Lumen zodiacale, *Lumiere zodiacale.* Wenn die Sonne eben untergegangen iſt, oder eben aufgehen will, ſieht man beſonders im Frühjahre und im Herbſte ein weiſſes Licht am Himmel, das von der Sonne ab, am Horizonte ſchief aufwärts, nach der Richtung der Ekliptik oder vielmehr im Thierkreiſe fortgeht, und an ſeinem obern Ende ſpitzig zuläuft. Im erſten Theile dieſes Wörterbuchs ſtellt Taf. II. Fig. 26. dieſe Erſcheinung ſo dar, wie ſie in unſern Gegenden um den Anfang des März nach Sonnenunter-

Digitized by Google

gang in die Augen fällt. Betrachtet man dieſe Figur von der Rückſeite gegen das Licht, oder im Spiegel, ſo zeigt ſie die Erſcheinung, wie ſelbige in der Mitte des Octobers am Morgenhorizonte vor Sonnenaufgang ſichtbar iſt.

Caſſini ſahe dieſes Licht zuerſt am 18 März 1683, und beobachtete es damals bis zum 26 März (Decouverte de la lumiere céleſte, qui paroiſt dans le zodiaque par M. *Caſſini* in den Anciens memoires Tom. VIII. p. 119.). Fatio de Duillier zu Genf ſetzte die Beobachtungen von 1684 bis 1686 fort, ſo wie Kirch und Eimmart von 1688 bis 1693 (Miſcell. Natur. Curioſ. Dec. III. ann. 1. p. 285. ſqq.). Nachher hat noch Herr von Mairan (Traité phyſ. & hiſtor. de l'aurore boreale in den Mem. de Paris, 1731. und beſonders Paris 1733. 4.), der von dieſer Erſcheinung bey Erklärung des Nordlichts Gebrauch macht, einige Beobachtungen darüber mitgetheilt.

Caſſini muthmaſſet, es ſey dieſe Erſcheinung ebendieſelbe, welche die Alten durch den Namen der Balken (δοκοι, trabes) andeuten. Er beſchreibt ſie als ein Licht, das dem Scheine der Milchſtraße ähnlich, aber heller, in der Mitte glänzender, und gegen die Enden ſchwächer ſey. Mairan erklärt es für ſtärker und dichter, als das Licht der Milchſtraße, und bemerkt, es ſcheine gegen den Horizont zu gelblich oder röthlich. Beyde wollen bisweilen kleine ſprühende Funken darinn bemerkt haben; ſie ſetzen aber hinzu, eine ſolche Erſcheinung könne auch von der Anſtrengung der Augen herrühren.

In der Schrift des Herrn von Mairan findet man alles, was zur Beſchreibung und Erklärung des Thierkreislichts gehört, mit vielem Scharfſinn ausgeführt. Man kan nach dieſem allen nicht zweifeln, daß es eine entweder ſelbſt leuchtende oder von der Sonne erleuchtete Atmoſphäre ſey, welche in Form eines ſehr abgeplatteten linſenförmigen Sphäroids die Sonne ſo umgiebt, daß ſie nach der Richtung der Axe der Sonnenumdrehung die geringſte, und nach der Richtung des Sonnenäquators, welche mit der Ekliptik einen Winkel von $7\frac{1}{2}^{\circ}$ macht, die gröſte Ausdeh-

nung hat, ſ. Atmoſphäre der Sonne, und ABC Taf. II. Fig. 26.

Wenn die Erdkugel nicht ſelbſt in dieſe Atmoſphäre eingeſenkt iſt, ſo müſſen uns die Grenzen derſelben täglich ſichtbar werden, und wir müſſen ihren weſtlichen Theil des Morgens vor Sonnenaufgang, und den öſtlichen des Abends nach Sonnenuntergang in Geſtalt eines zugeſpitzten Streifens (*fuſeau*) erblicken. Aber oft iſt die Lage des Thierkreiſes gegen den Horizont ſo flach, daß ſich die Erſcheinung ganz in der Dämmerung verliert. Hingegen macht um den Anfang des März, wenn der Frühlingspunkt im Abendhorizonte ſteht, die Ekliptik mit dem Horizonte einen Winkel von $38\frac{2}{7} + 23\frac{1}{2}$, d. i. von mehr als 62 Graden, und weil wir zu eben der Zeit auch die kürzeſte Dämmerung haben, ſo wird der Zodiakalſchein, wenn die letztere aufhört, gegen Weſten ſichtbar, erhebt ſich gegen die linke Hand in Geſtalt einer ſchiefliegenden Pyramide, und geht durch die Sterne am Bande der Fiſche und den Kopf des Wallfiſches, beym Widder vorbey bis an die Hyaden im Stier. Dagegen iſt die Erſcheinung um dieſe Zeit des Morgens, da die Ekliptik gegen den Horizont ſehr flach liegt, gar nicht zu erkennen. Um die Mitte des Octobers aber zeigt ſich das Zodiakallicht am beſten vor der Morgendämmerung, wenn der Herbſtpunkt im öſtlichen Horizonte ſteht. Es geht alsdann gegen die rechte Hand ſchräg aufwärts durch den Löwen und Krebs bis an die Zwillinge; und iſt dagegen um dieſe Zeit des Abends nicht zu erkennen.

In den Ländern der heiſſen Zone machen Aequator und Ekliptik mit dem Horizont immer ſo große Winkel, und die Dämmerungen ſind ſo kurz, daß der Zodiakalſchein faſt das ganze Jahr hindurch Morgens und Abends ſichtbar iſt, wenn es nicht das Mondlicht oder die trübe Luft verhindert. Man ſieht ihn zuweilen ſenkrecht auf den Horizont und ſehr lebhaft, wie auch de la Caille auf ſeiner Reiſe nach Afrika bemerkt hat.

Bisweilen kan man auch in unſern Ländern das Thierkreislicht an einem und ebendemſelben Tage Morgens und

Abends bemerken, vorzüglich um die Zeit der Wintersonnenwende, da die Ekliptik mit dem Horizonte früh und Abends gleich große Winkel macht. So sahe es Cassini am 4 Dec. 1687 um $6\frac{1}{2}$ Uhr Abends, und am folgenden Morgen um 4 Uhr 40 Min. Um die Zeit der Sommersonnenwende hindert dies die flache Lage des Thierkreises und die längere Dämmerung.

Die scheinbare Länge des Zodikalscheins ist nach den verschiedenen Stellungen der Erde gegen die Sonne sehr veränderlich. Sie geht, von der Sonne aus gerechnet, von 45° bis 100° auf einer Seite. Wenn sie 90° und drüber beträgt, so müssen wir uns in der Atmosphäre der Sonne selbst befinden, und da sie uns alsdann eigentlich auf allen Seiten umgiebt, so müssen ihre Grenzen sehr undeutlich erscheinen. Die Breite gegen den Horizont geht aus gleichen Gründen von 8° bis 30°. Sie ist am gröſten, wenn die Sonne in den Zeichen der Fische und der Jungfrau steht, weil alsdann die Stellung der Erde so ist, daß wir auf die Ebne des Sonnenäquators unter dem gröſten möglichen Winkel von $7\frac{1}{2}$° sehen, s. **Sonnenflecken**.

n. Mairan physikal. und histor. Abhandl. vom Nordlichte, in den physikal. Abhandl. der königl. Akademie der Wiss. in Paris, von Steinwehr. IX. B. S. 256 u. f.

Bode Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels. Dritte Aufl. Berlin, 1775. gr. 8. S. 595 u. f.

Thonerde, **Alaunerde**, Terra argillacea, Terra aluminis, *Terre argilleuse*, *Terre d'alun*. Die reine **Thonerde** ist eine eigne von den übrigen wesentlich unterschiedene Erde, welche mit der Vitriolsäure verbunden den **Alaun** (alumen, *alun*) ausmacht, und aus demselben erhalten werden kan, wenn man ihn gepülvert in kochendem Wasser auflöset, und zu der durchgeseiheten Lauge ein aufgelößtes mildes Laugensalz tröpfelt. Alsdann verbindet sich die Vitriolsäure mit dem Laugensalze, dessen Luftsäure frey wird. Es fällt also unter Aufbrausen ein zarter weißer Niederschlag zu Boden, der, wenn nichts mehr niederfällt, gehörig ausgesüßt und getrocknet, die reine **Thonerde** giebt.

Digitized by Google

Diese Erde löset sich zwar im Wasser nicht auf, sie läßt sich aber damit zu einem feinen und schlüpfrigen Teige zusammenkneten. Mit der Luftsäure steht sie nur in geringer Verwandtschaft, daher auch diese bey der Zersetzung des Alauns durch milde Laugensalze mit Aufbrausen davon geht. Inzwischen fand doch **Kirwan** in der aus Alaun niedergeschlagnen stark getrockneten Thonerde $\frac{2,5}{100}$ Luftsäure. Mit den übrigen Säuren brauset sie nur wenig auf, giebt aber doch eigne Mittelsalze, z. B. Thonsalpeter, Thonsalz ꝛc. und gehört also zu den absorbirenden Erden. Ihr eigenthümliches Gewicht ist = 1,305, wenn man das Gewicht des Wassers = 1 setzt.

Plötzlich ins Feuer gebracht, bekömmt sie Risse und springt umher, wegen des zu schnell ausgedehnten eingeschloßnen Wassers. Allmählich ausgetrocknet, brennt sie sich im Feuer so hart, daß sie mit dem Stahle Feuer giebt, schwindet dabey sehr stark zusammen, verliert alle Schlüpfrigkeit, und läßt sich auch nicht wieder im Wasser erweichen. Doch erlangt sie durch Auflösung in Säuren und Niederschlagung mit Laugensalzen ihre vorige Beschaffenheit wieder. Diese im Feuer gebrannte Thonerde zeigt nicht die mindeste Spur der Aetzbarkeit des gebrannten Kalkes u. dergl.

Im gewöhnlichen Feuer schmelzt die Thonerde für sich allein nicht, wohl aber mit der Kalkerde, und durch Hülfe der Alkalien mit der Kieselerde. Wenn viel Alkali, z. B. 4 Theile gegen 1 Theil Erde, zugesetzt ist, so wird sie durch diese Schmelzung im Wasser auflöslich, wie die Kieselerde in der Kieselfeuchtigkeit.

Baumé (Mém. sur les argilles. Paris 1770. 8) sahe die Alaunerde als eine Modification der Kieselerde an, welche Meinung neuerlich Herr **Storr** (Ueber die Umänderung der Glaserde in **Crells** chem. Annal. 1784. B. I. S. 5 u. f.) wiederum vertheidiget hat. Allein die Versuche, welche man dafür anführt, beweisen nur, daß die Kieselerde so, wie sie in der Natur gefunden wird, selten rein, und fast immer, selbst im Bergkrystalle, mit etwas Kalk- und Thonerde vermischt sey. **Scheele** (Vers. und Anm.

über Kieſel, Thon und Alaun in den ſchwed. Abhandl. B. XXXVII. S. 30 u. f.), Wiegleb, (Disquiſ. chem. de ſilice in Nov. Act. acad. naturæ curioſ. Append. To. VI. p. 397.) und Weſtrumb (in Crells chem. Annal. 1785. B. I. S. 155.) haben das Eigenthümliche der Alaunerde auſſer allen Zweifel geſetzt.

In den gemeinen Thonarten (argillae, *argilles*) macht die Thon- oder Alaunerde einen weſentlichen Beſtandtheil aus, ſo daß man nichts als Thon anſehen darf, was nicht mit Vitriolſäure Alaun giebt. Dennoch beträgt dieſe Alaunerde in den mehreſten Thonarten nur 0,25 bis 0,46 Theile; das übrige iſt gröſtentheils ſehr fein zertheilte Kieſelerde, nebſt zufälligen Antheilen von Kalkerde, Kieſen, Eiſenocher und brennbarem Weſen. Daher ſind nicht alle Thone unſchmelzbar und ungefärbt. Farben, welche vom Brennbaren herrühren, vergehen beym Brennen; andere werden erſt durchs Brennen ſichtbar, wie z. B. die röthliche, welche vom verkalkten Eiſen des Kieſes herkömmt. Weſentliche Beſtandtheile jedes Thons ſind Alaunerde, Kieſelerde und Waſſer.

Gren ſyſtematiſches Handbuch der Chemie, Theil I. S. 403 u. f. S. 671.

Toiſe, ſ. Fuß.

Ton, Tonus, *Ton.* Wenn die Schwingungen eines ſchallenden Körpers in lauter gleichen Zeiträumen auf einander folgen, ſo erregen ſie in unſerm Gehör die Empfindung eines Tons. Unterſcheiden wir bey einem Schalle mehrere Reihen von Schwingungen, deren Succeſſion zwar in jeder Reihe an ſich gleichförmig, aber in der einen Reihe ſchneller, oder langſamer, als in der andern iſt, ſo hören wir mehrere Töne zugleich. Ein Schall, bey welchem man nur einen oder einige Töne hört, heißt ein Klang. Erfolgen aber die Schwingungen eines Körpers ſo unregelmäßig, daß ſich gar keine Reihe von gleichförmiger Succeſſion, oder gar kein Ton, darinn unterſcheiden läſt, ſo hört man blos ein Geräuſch, Getöſe, einen dumpfen Schall, ſ. Klang. In der Muſik ſind blos die Klän-

Digitized by Google

ge brauchbar, welche einen oder mehrere Töne von bestimmten Verhältnißen geben.

Die Stärke der Schwingungen bestimmt hiebey nur die Stärke des Tons, oder das, was die Tonkünstler mit den Worten **Forte** und **Piano** bezeichnen. Der wesentliche Unterschied der Töne selbst beruht auf der Geschwindigkeit, mit welcher sich die Schwingungen folgen, oder auf der Anzahl der in einer gegebnen Zeit, z. B. einer Secunde, vollbrachten Schwingungen. Ist diese Geschwindigkeit oder Anzahl groß, so heißt der Ton ein **hoher** (tonus acutus, *aigu*); ist sie gering, ein **tiefer** (tonus gravis, *grave*). So wird von zween Tönen, deren einer 100, der andere 200 Schwingungen in einer Secunde voraussetzt, jener tiefer, dieser höher seyn. Das Gehör unterscheidet höhere und tiefere Töne mit großer Feinheit, durch eine eigne Empfindung, die bloß Sache des Sinns ist, und sich mit Worten gar nicht beschreiben läst.

Jede gespannte Saite giebt, wenn man sie in Bewegung setzt, in einer bestimmten Zeit eine bestimmte Anzahl Schwingungen, welche sich (wenn man die Länge der Saite = L; ihr Gewicht = G; die spannende Kraft = P nennt) wie die Quadratwurzel aus $\frac{P}{LG}$ verhält, s. **Saiten** (Th. III. S. 751.). **Euler** (Tentamen novae theoriae Musices. Petrop. 1739. 4maj. §. 6.) beweiset, daß die Anzahl der Schwingungen (eigentlich der halben Schwünge), welche eine solche Saite in einer Secunde vollendet, wenn man die Länge des Secundenpendels = b setzt

$$\pi \sqrt{\frac{bP}{LG}}$$

seyn müsse. Drückt man L in rheinländ. Maaße aus, setzt das Secundenpendel in unsern Gegenden = 0,2026423 ... × 15,625 = 3,1661 ... rheinl. Fuß (s. **Pendel** Th. III. S. 425.), und G : P = 1 : n, so daß n anzeigt, wie vielmal die Spannung der Saite stärker ist, als ihr Gewicht, so erhält man für die Anzahl ihrer Schwingungen in einer Secunde

Digitized by Google

$$\pi \sqrt{\frac{3,1661\ldots . n}{L}}$$

daß alſo eine Saite von $2\frac{1}{2}$ rheinl. Fuß Länge, wenn ſie durch ihr 1000faches Gewicht geſpannt wird, in jeder Secunde $3,1415 \sqrt{\frac{3,1661}{2,5}} = 353\frac{1}{4}$ Schwingungen machen muß.

Die Tonkünſtler bezeichnen die in unſerer Muſik brauchbaren Töne mit Buchſtaben. Euler fand durch Schätzung, daß demjenigen, dem ſie den Namen a beylegen, ohngefähr 392 Schwingungen auf die Secunde zukommen. Weil nun nach dem, was in der Folge gelehrt werden ſoll, der Ton a zu C im Verhältniße 10 : 3 ſtehen muß, ſo würde hieraus folgen, daß dem Tone C, 3, 39, 2 = $117\frac{3}{5}$ Schwingungen in der Secunde zugehörten. Inzwiſchen läſt ſich dies nicht in der gröſten Strenge nehmen, und an einem andern Orte (Briefe an eine deutſche Prinzeßin, 3ter Brief) legt Euler dem C ohngefähr 100 Schwingungen in der Secunde bey.

Sauveur (Syſtéme general des intervalles des ſons, in den Mém. de l'acad. de Paris, 1701. p. 297.) ſchlug vor, denjenigen Ton, welcher 100 Schwingungen in einer Secunde macht, zum fixen Tone anzunehmen, um dadurch ein abſolutes Tonmaaß auf die Nachwelt zu bringen, und das zu verhüten, was uns in Abſicht auf die Muſik der Griechen begegnet, deren Töne wir nicht mehr kennen, ob gleich ihre Schriften von der Tonkunſt in unſern Händen ſind. Allein, wenn man bedenkt, wie feine Abmeſſungen der Längen, Gewichte, und vorzüglich der ſpannenden Kräfte zu einer ſo wichtigen Beſtimmung gehören, und welch eine Menge Umſtände dieſe Abmeſſungen in der Ausübung unſicher machen, ſo wird man zu dieſem Vorſchlage nicht viel Vertrauen faſſen können. Sauveurs fixer Ton würde, ſoviel ſich aus Eulers Schätzung ſchließen läſt, etwas höher, als unſer Contra-A ſeyn (welchem 98 Schwingungen zukommen, wenn a deren 392 hat), und alſo nicht einmal unter den in unſerer Muſik gebräuchlichen Tönen vorkommen.

Digitized by Google

Der wichtigste Theil der musikalischen Theorie kömmt nicht sowohl auf die absoluten Schwingungszahlen, als vielmehr auf die relativen oder auf die Verhältniße derselben bey verschiedenen Tönen an, von welchen ich hier noch das nöthigste beyzubringen habe.

Zwo gleich lange, gleich dicke und gleich stark gespannte Saiten geben gleich viel Schwingungen in einerley Zeit, folglich einerley Ton, s. Einklang. Geben aber zwo Saiten (oder auch eine Saite bey veränderter Länge oder Spannung) in einerley Zeit nicht gleich viel Schwingungen, also verschiedene Töne, so drückt man den Unterschied derselben, oder ihr Intervall, durch das geometrische Verhältniß ihrer in gleicher Zeit statt findenden Schwingungszahlen aus. Das Zusammenklingen gewisser Töne ist dem Gehör angenehm, das von andern unangenehm; in jenem Falle heißen die Intervalle Consonanzen, in diesem Dissonanzen, wovon unter eignen Artikeln gehandlet ist.

Die vollkommenste Consonanz nächst dem Einklang giebt das Intervall der Octave, der gleichfalls ein besonderer Artikel gewidmet ist. Sie entsteht durch das Verhältniß 2 : 1, so wie die doppelte, dreyfache, vierfache Octave durch die Verhältniße 4 : 1 ; 8 : 1, 16 : 1. Töne, welche um Octaven auseinander liegen, werden in der musikalischen Bezeichnungsart (Tablatur) durch ebendieselben Buchstaben, nur mit einiger Abänderung, als C, c, $\bar{c}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$, ausgedrückt. Dürfte man annehmen, C machte 100 Schwingungen in der Secunde, so kommen dem c deren 200, dem $\bar{c}$ 400, $\bar{\bar{c}}$ 800, $\bar{\bar{\bar{c}}}$ 1600 u. s. w., der untern Octave von C, oder dem Contra-C, nur 50 zu. Dieses sind sehr vollkommne Consonanzen, die sich auf das höchst einfache Verhältniß 2 : 1 gründen.

Das Verhältniß 3 : 1 giebt andere Töne, welche nächst diesen die gefälligsten Consonanzen geben. Wenn C 100 Schwingungen in der Secunde macht, so ist der Ton, welcher deren 300 macht, höher, als c, aber tiefer, als $\bar{c}$. Die Tonkünstler bezeichnen ihn mit g; also seine untere

Octave, der 150 Schwingungen zukommen, mit G, und seine obere, der 600 zugehören, mit $\bar{g}$. So entsteht folgende Reihe

Schwingungsz.	100	150	200	300	400	600	800
Namen	C	G	c	g	$\bar{c}$	$\bar{g}$	$\bar{\bar{c}}$

Das Intervall von C — G; c — g; $\bar{c}$ — $\bar{g}$ heißt eine **Quinte**, und man sieht, daß ihm zum **Grundtone** oder der **Tonika** C, c, $\bar{c}$ das Verhältniß 3 : 2 zukömmt. Hiebey ist zu bemerken, daß die **Quinte über der Octave** mit dem Grundtone (g — C) besser consonirt, als die nächste Quinte (G — C) selbst, weil das Verhältniß 3 : 1 einfacher ist, als 3 : 2.

Man findet in obiger Reihe noch das Intervall G — c, g — $\bar{c}$, dessen Verhältniß 150 : 200 oder 3 : 4 ist. Steigt man von C aus um dieses Intervall, so erhält man einen Ton, der 4mal schwingt, indem C 3mal schwingt, dem also $133\frac{1}{3}$ Schwingungen zugehören. Man nennt diesen Ton F, f, $\bar{f}$ und das Intervall C — F oder G — c die **Quart**. So kommen zur vorigen Reihe noch die Töne

$133\frac{1}{3}$	$266\frac{2}{3}$	$533\frac{1}{3}$	$1066\frac{2}{3}$
F	f	$\bar{f}$	$\bar{\bar{f}}$

Hiedurch entdeckt sich das neue Intervall F – G, f – g im Verhältnisse $133\frac{1}{3} : 150 = 8 : 9$, welches man die **Secunde**, oder den **Abstand eines ganzen Tons** nennt. Steigt man von C aus um dieses Intervall, so erhält man den Ton D, welchem $112\frac{1}{2}$ Schwingungen zukommen. Dieser giebt mit seinen Octaven

$112\frac{1}{2}$	225	450	900
D	d	$\bar{d}$	$\bar{\bar{d}}$

Eben so zeigt sich in voriger Reihe das Intervall G — f, g — $\bar{f}$ im Verhältnisse 150 : $266\frac{2}{3} = 9 : 16$, die **Septime**. Von C aus erhält man durch dieses Intervall den Ton B von $17\frac{7}{9}$ Schwingungen, den man nebst seinen

Digitized by Google

Octaven b, $\bar{b}$ u. ſ. w. noch hinzuzuſetzen hat. Die Verhältniße der Secunde und Septime ſind ſchon ſehr zuſammengeſetzt, und als Diſſonanzen zu behandlen.

Führt man hiezu noch das Verhältniß 5 : 1 ein, ſo wird man vom Grundtone C aus auf einen Ton von 500 Schwingungen kommen, der zwiſchen 450 und $533\frac{1}{3}$, oder zwiſchen $\bar{d}$ und $\bar{f}$ fallen muß, und mit $\bar{e}$ bezeichnet wird. Er giebt mit ſeinen Octaven

125	250	500	1000
E	e	$\bar{e}$	$\bar{\bar{e}}$

gegen C, c u. ſ. w. das Intervall C — E im Verhältniße 100 : 125 = 4 : 5 unter dem Namen der **großen Terz**, welche zu den Conſonanzen gehört. Durch die Einführung dieſes Tons zeigt ſich das neue Intervall G — e im Verhältniße 150 : 250 = 3 : 5, die **Serte**, welche von C aus genommen, den Ton A von $166\frac{2}{3}$ Schwingungen giebt, durch deſſen Octaven a, $\bar{a}$ u. ſ. w. entſtehen. Endlich hat man durch Vergleichung des E mit dem F das Verhältniß 125 : $133\frac{1}{3}$ = 15 : 16, welches das Intervall **eines halben Tones** genannt wird, und von der Octave des Grundtons, oder von c herabwärts genommen, den Ton H von $187\frac{1}{2}$ Schwingungen giebt, deſſen Abſtand vom Grundtone (C — H) im Verhältniße 100 : $187\frac{1}{2}$ = 8 : 15 die **große Septime** genannt wird, ſo wie das Intervall A — c ($166\frac{2}{3}$: 200 = 5 : 6) den Namen der **kleinen Terz** führet.

Aus dieſen Tönen beſteht, nach **Eulers** Erklärung, das heutige ſogenannte **diatoniſche Syſtem**, darinn den bisher genannten Tönen folgende Schwingungszahlen zukommen

C	D	E	F	G	A	B	H	c
100	$112\frac{1}{2}$	125	$133\frac{1}{3}$	150	$166\frac{2}{3}$	$177\frac{7}{9}$	$187\frac{1}{2}$	200

Die acht Stufen deſſelben (da B und H nur für eine zu rechnen ſind) geben die Urſache der Benennung der Octave, Quinte und übrigen Intervalle an, und man kan es ſehr leicht durch die höhern Octaven fortſetzen, wenn man

Digitized by Google

von c aus auf d, e, f ꝛc. durch Verdoppelung der Zahlen bey D, E, F fortschreitet.

Bey gleicher Dicke und Spannung der Saiten verhalten sich die Schwingungszahlen umgekehrt, wie ihre Längen, s. Saiten. Dividirt man also 100 durch die Zahl jedes Tons, so ergeben sich folgende Verhältniße der Saitenlängen, welche gewöhnlich Verhältniße der Töne selbst genannt werden

	C	D	E	F	G	A	B	H	c
⊙.)	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$

Zu Versuchen hierüber und zu reiner Stimmung der Töne dient das Monochord, ein Instrument von einer einzigen Saite mit einem beweglichen Stege und mit Eintheilungen, daran man die Länge der Saite in beliebigen Verhältnißen ändern und bemerken kan, um wie viel der Ton dadurch höher oder tiefer wird. Man macht das Monochord, um mehrere Töne zugleich zu haben, bisweilen von vier Saiten, und giebt ihm des Klanges halber einen Resonanzboden und Tasten zum Anschlagen der Saiten. Taf. XXV. Fig. 56. sey ABCD der Kasten, ab, cd, ef, gh seyen vier gleich lange, gleich dicke und gleich stark gespannte Saiten; bb, dd, ff, hh die Tasten zum Anschlagen durch Federn oder Hämmerchen; lk und pm seyen Schieber, an den Enden k und m mit Stegen versehen, so daß beym Anschlagen der zwoten und dritten Saite nur die Längen kd und mf klingen; endlich sey auch bey n genau auf der halben Länge der vierten Saite ein Steg gesetzt, daß nur die halbe Saite nh klingt. Wenn nun die Saiten ursprünglich so gestimmt waren, daß sie einerley Ton, z. B. C angaben, so wird die halbe Saite nh, die Octave c hören lassen. Und wenn man die Schieber pm und lk so weit einschiebt, daß mf gerade $\frac{2}{3}$, kd aber genau $\frac{4}{5}$ der ganzen Länge ab beträgt, so wird mf die Quinte G, kd aber die große Terz E, ganz rein angeben, u. s. w. Zum Gebrauch ist es bequemer, wenn die ledigen Saiten, ehe die Stege daran kommen, so gestimmt sind, daß der Ton von ab eine reine Octave tiefer ist, als die Töne der drey andern.

Man hat auch Monochorde, die durch Gewichte gespannt werden können. Der Name **Sonometer**, den einige dem Monochord geben, ist halb lateinisch und halb griechisch; schicklicher würde man **Tonometer** sagen. Die Alten nannten die einzige Saite dieses Tonmaaßes den **Canon**.

Das Tonsystem der Griechen war von anderer Beschaffenheit. Der Tradition zufolge soll **Merkur** zuerst aus vier zwischen zwo Stierhörner gespannten Saiten die Lyra gebildet haben, welche nur die vier Töne hatte, die wir etwa jetzt A, d, e, a nennen. Dieses System enthielt nur zwo Quarten A — d, e — a, und zwo Quinten A — e, d — a. Nach und nach vermehrte man die Saiten bis auf acht, womit es vermuthlich so zugieng. Man fiel zuerst darauf, auch dem Tone d seine Quarte g zu geben; und dem Tone e die Unterquarte B zuzuordnen. So entstanden vier in einander geschobene Quarten (Tetrachorde).

Wollte man noch dem Tone g seine Quarte c geben, so gieng diese zwar schon über die ursprüngliche Octave A — a hinaus; man konnte aber die Unteroctave derselben c dem Systeme beyfügen, und nun noch die Quarte von dieser f hinzusetzen. So entsprang aus den zwo ersten Quarten, blos durch das Verhältniß 3 : 4, folgendes System von acht Saiten,

A	B	c	d	e	f	g	a
1	$\frac{8}{9}$	$\frac{27}{32}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{81}{128}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{2}$

worinn, bey der Fortsetzung durch die folgenden Octaven jeder Ton seine reine Ober- und Unterquarte hat, das einzige f ausgenommen, dem seine Oberquarte $\frac{3}{4}$. $\frac{81}{128} = \frac{243}{512}$ fehlt. Diese ward zwar hernach noch eingeführt, und in die erste Octave mit dem Verhältniße $\frac{243}{256}$ heruntergetragen: aber die Saite bekam keinen neuen Namen, sondern ward von den neuern als B angesehen, dagegen das ehemalige B nunmehr mit $B\frac{1}{2}$ bezeichnet ward, wofür in der Folge H gesetzt worden ist.

Fängt man dieses alte Tonsystem nach jetziger Art von C an (welchem Tone oben $\frac{27}{16}$ zugehört), so sind alle vorige

Verhältnißzahlen mit $\frac{16}{15}$ zu multipliciren, und man erhält folgende Reihe:

C	D	E	F	G	A	B	H	c
1	$\frac{8}{9}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{16}{25}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{1}{2}$

Um die Größe der Stufen in einem solchen System zu finden, muß man jede folgende Zahl durch ihre vorhergehende dividiren, woraus sich folgende Stufen des alten Systems ergeben.

C	D	E	F	G	A	H	c
$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{243}{256}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{243}{256}$	

In diesem System, wo jeder ganze Ton um $\frac{8}{9}$, jeder halbe um $\frac{243}{256}$ fortschritt, kamen nun gar keine reinen Terzen von $\frac{4}{5}$ und $\frac{5}{6}$ vor; sondern es hatten die großen Terzen das Verhältniß $\frac{64}{81}$, die kleinen das $\frac{27}{32}$; hingegen waren die Quarten und Quinten völlig rein, die Quinte von H ausgenommen, welche gar nicht vorkam. Ausser diesem diatonischen System hatten die Alten noch ein enharmonisches und chromatisches Genus, worinn sich mehr und zum Theil sehr fein unterschiedene Töne befanden (s. Dictionaire de musique par *J. J. Rousseau.* à Paris, 1767. 4. Art. *Systeme*). Man hat dieses System bis ins sechszehnte Jahrhundert beybehalten, woraus freylich ein ganz eigner Character der alten Musik entstehen muste, die überhaupt mehr auf Melodie, als auf Harmonie beruhte, bey welcher letztern die unreinen Terzen eine eigne Wirkung thun müsten. Alles dies schränkt sich blos auf die Töne der Instrumente ein, die den Gesang begleiteten; der freye Sänger, der die Töne hervorbringen darf, wie sie das Gehör verlangt, wird unstreitig auch bey den Alten, selbst ohne Absicht, die Terzen nach seinem Gefühl temperirt, und statt der systematischen unreinen die gefälligern reinen gesungen haben.

Nachdem in Italien eigne Lehrstühle der Musik errichtet waren, fieng der gelehrte venetianische Tonkünstler **Giuseppe Zarlino** († 1599) an, das alte diatonische System zu verbessern. Es scheint, daß ihn dabey die harmo-

nische Theilung, auf welche man seitdem in der Musik so viel gehalten hat, geleitet habe. Durch harmonische Theilung der Octave C — c ($\frac{2}{3}$: $\frac{3}{4}$) kömmt man auf die Quinte G = $\frac{2}{3}$; durch nochmalige Wiederholung auf die große Terz E = $\frac{2}{3}, \frac{2}{3}$ = $\frac{4}{5}$; durch die dritte Theilung auf $\frac{2}{3}, \frac{2}{3}, \frac{2}{3}$ = $\frac{8}{9}$ oder die Secunde D. Die Octave arithmetisch getheilt gab die Quarte F = $\frac{3}{4}$. Die obere Quinte F — c ($\frac{3}{4}$: $\frac{1}{2}$) wieder harmonisch getheilt, gab die Sexte A = $\frac{3}{5}$. Nun blieb noch das Intervall der kleinen Terz von A — c mit einer Mittelsaite auszufüllen, wobey weder harmonische noch arithmetische Theilung half, weil beyde keine diatonischen Intervalle mehr gaben. Man half sich deswegen mit der doppelten Saite BH, wo B die reine Quart von F, also $\frac{3}{4}$. $\frac{3}{4}$ = $\frac{9}{16}$, H die reine große Terz von G, mithin $\frac{4}{5}$. $\frac{2}{3}$ = $\frac{8}{15}$ ausmachte. So hatte man das neue, oben mit ⊙.) bezeichnete Tonsystem, worinn jeder Ton eine ganz reine, entweder große oder kleine, Terz hat, den einzigen Ton D ausgenommen, dessen Terz D — F nur $\frac{2}{5}\frac{7}{2}$ ist. Dagegen haben hier D und H keine reinen Quinten, und A keine reine Quart. Untersucht man die Stufen dieses Systems, so findet man folgendes

C	D	E	F	G	A	H	c
$\frac{8}{9}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{15}{16}$	

daß also drey größere, zween kleinere, und zween halbe Töne vorkommen, s. Octave (Th. III. S. 380).

Dieser diatonischen Leitern bedienten sich die Tonsetzer ehedem so, daß sie von den Saiten des Systems bald diese, bald jene, nur B und H ausgenommen, zum Grundtone oder zur Tonica machten, woraus das Stück gesetzt wurde. Weil aber C und F nur große, D, E, A, H hingegen nur kleine Terzen in der neuern Leiter hatten, so konnte aus jenen blos in der harten, aus diesen blos in der weichen Tonart, gespielt werden. Man konnte auch kein Intervall verändern, nur H ausgenommen, wofür sich nach Bedürfniß B setzen ließ, so daß der einzige Ton G beyde Terzen hatte. Wenn man also ein Stück transponiren wollte (z. B. aus G spielen, was aus C gesetzt war), so ver-

Digitized by Google

lohr es auf dem Instrumente seinen ganzen Character; der Schluß H — c, der dem Ohre so angenehm ist, verwandelte sich in den unerträglichen F — G, der durch einen großen ganzen Ton geht. Der Sänger traf zwar das richtige Intervall nach seinem Gehör, aber Orgel und Instrumente hatten es nicht.

Man setzte aus diesem Grunde noch die großen Terzen der Töne D, E, A, H unter den Namen des um einen halben Ton erhöheten F, G, C, D, oder Fis, Gis, Cis, Dis hinzu, temperirte aber dieselben so, daß sie auch gegen die übrigen Töne der Leiter gehalten, leidlich reine Intervalle geben sollten, so daß man sie überall als solche brauchen könnte, wo es das Bedürfniß des transponirten Gesanges erforderte. Beydes zugleich läst sich nicht vollkommen erhalten. Soll z. B. Fis die reine große Terz von D seyn, so muß es $= \frac{4}{7} \cdot \frac{8}{9} = \frac{32}{63}$ genommen werden; soll es hingegen die reine Sexte vom Contra-A geben, so wird erfordert, daß es $\frac{3}{4} \cdot \frac{5}{7} = \frac{15}{28}$ sey. Wie aber diese Töne bey ihrer Einführung eigentlich beschaffen gewesen, läst sich nicht genau sagen.

Man fieng spätherhin an, auch diese neuen Töne als Grundtöne zu brauchen, so daß aus jedem der zwölf Töne des neuen Systems in der harten und weichen Tonart sollte gespielt werden können. Ob durch diese Veränderung die Musik gewonnen oder verlohren habe, ist noch streitig. Wenigstens hatten die Alten bey ihren wenigern Grundtönen mehr Tonarten, deren eigenthümlicher Ausdruck sehr verschieden war, und von deren vortreflicher Wirkung sich noch Proben in den ältern Kirchenmelodien finden.

Der neuen Absicht gemäß sollte nun das System so eingerichtet werden, daß jede der zwölf Saiten ihre reine große und kleine Terz, Quart und Quinte hätte. Dies ist unmöglich, ohne noch mehr neue Töne einzuführen. Alsdann aber könnte man wieder begehren, auch diese als Grundtöne zu gebrauchen; dieses würde wieder neue Terzen u. s. w. erfordern, und so das System ins Unendliche vermehren. An sich liegt auch zwischen jeder Octave eine unendliche Menge von verschiedenen Tönen.

Digitized by Google

Man muß sich also begnügen, bey den zwölf Tönen des bisherigen Systems stehen zu bleiben, und diese so zu stimmen, daß jeder zum Haupttone kan gewählt werden, ohne das Ohr zu beleidigen. Lauter ganz reine Intervalle zu erhalten, ist dabey unmöglich; man muß sich also eine wohl überlegte kleine Abweichung von der höchsten Reinigkeit gefallen lassen, und diese Abweichung, oder die Einrichtung des Tonsystems nach derselben, führt den Namen der **Temperatur**.

Es sind sehr viele solche Temperaturen vorgeschlagen worden. Eine der merkwürdigsten ist die sogenannte mathematische oder **gleichschwebende Temperatur**, wobey die Octave C — c in 12 völlig gleiche Intervalle oder Stufen eingetheilt wird. Hiezu ist erforderlich, die Längen der Saiten durch eine Reihe von zwölf Proportionalzahlen auszudrücken, oder was eben so viel ist, zwischen 1 und $\frac{1}{2}$ eilf mittlere Proportionalzahlen zu suchen. Die Tonkünstler haben dazu allerley Anweisungen, theils durch Zeichnung, theils durch Rechnung, gegeben. Das leichteste Mittel ist, zwischen die Logarithmen von 1 und $\frac{1}{2}$ eilf mittlere arithmetische Proportionalzahlen zu setzen, und diese als Logarithmen der zugehörigen Saitenlängen zu betrachten. Der Unterschied dieser Logarithmen ist der zwölfte Theil des log. $\frac{1}{2}$ oder — 0, 025085̄8. Dadurch findet man

Töne	Logarithmen	Saitenlängen
C	4, 0000000—4	1, 0000
Cis	3, 9749142—4	0, 9438
D	3, 9498283—4	0, 8909
Dis	3, 9247425—4	0, 8409
E	3, 8996567—4	0, 7937
F	3, 8745808—4	0, 7491
Fis	3, 8494850—4	0, 7071
G	3, 8243991—4	0, 6674
Gis	3, 7993132—4	0, 6300
A	3, 7742275—4	0, 5946
B	3, 7491417—4	0, 5612
H	3, 7240558—4	0, 5297
c	3, 6989700—4	0, 5000

Digitized by Google

Eine geometrische Construction für die Verhältniße der Töne von Strähl findet man in den Abhandlungen der schwedischen Akademie (Band V. S. 226 u. f.) Taf. XXV. Fig. 57. theile man eine Linie BC in zwölf gleiche Theile (in der Figur sind nur bey V, f und e der 4te, 7te und 8te Theilungspunkt bemerkt), beschreibe das gleichschenklichte Dreyeck CBA, dessen Schenkel CA und BA = 2 BC sind, und ziehe aus der Spitze A in alle Theilungspunkte Linien, wie Aγ, Af, Ae. Man nehme ferner Bc = Bf oder = $\frac{7}{12}$ BC, und ziehe Cc, welches man verlängert, bis cK = Cc wird. Wenn nun KC die Länge der ganzen Saite des Monochords für den Ton C vorstellt, so wird diese Länge KC von den Theilungslinien Aγ, Af, Ae so durchschnitten, wie es den Tönen des Systems gemäß ist, so daß der Steg von C bis E, F, Gis, c verschoben, die Töne giebt, die diese Namen führen. Jacob Faggot (a. a. O. S. 230 u. f.) berechnet diese Construction, und glaubt darinn eine ganz neue vorher unbekannte Temperatur zu finden. Er hat sich aber sehr übel versehen, indem er gleich bey der Auflösung des Dreyecks BCc anstatt der Logarithmen der Tangenten (durch Verwechselung der Columnen in den Tafeln) die Logarithmen der zugehörigen Sinus nimmt, und dadurch den Winkel c fast 7° zu klein findet, welches in die ganze folgende Rechnung Einfluß hat. Funk (Progr. De sono et tono. Lipſ. 1779. 4.) hat die Rechnung richtig geführt und gezeigt, daß man durch diese Construction nichts anders, als eine sehr nahe Approximation an die gleichschwebende Temperatur erhält.

Diese Temperatur ist nun unstreitig diejenige, bey welcher die möglichste Annäherung an die Reinigkeit für alle Consonanzen zugleich erhalten wird. Die ganzen Töne schreiten sämmtlich durch das Verhältniß $\frac{8}{1}\frac{2}{0}\frac{0}{0}\frac{9}{0}\frac{3}{0}$ fort, welches von $\frac{8}{9}$ sehr wenig abweicht; die Quinten und Quarten weichen nur um den zwölften, und die Terzen um den dritten Theil eines Comma ab, welches dem Unterschiede des größern und kleinern Tones ($\frac{8}{9} : \frac{9}{10} = \frac{80}{81}$) gleich ist, und für die gröste dem Gehör erträgliche Abweichung von der Reinigkeit angenommen wird. Dennoch hat diese gleichschwe-

bende Temperatur nicht allein die große Schwierigkeit der Stimmung, welche bey ihr nicht anders, als nach einem genau getheilten Monochord möglich ist, sondern auch das wider sich, daß in ihr alle Grundtöne einander völlig gleich werden, wodurch die schätzbaren Vortheile verlohren gehen, die man sonst aus der Mannigfaltigkeit des Characters der Tonleitern von verschiedenen Grundtönen zieht, und die kein Componist von Gefühl gern aufopfern wird.

Daher hat Kirnberger (Die Kunst des reinen Satzes in der Musik. Berlin, 1771. 4.) eine Temperatur angegeben, die jeder gute Stimmer, meistens durch Quinten, ohne Mühe treffen kan, und die nicht, wie viele andere vorgeschlagene, manchen Tönen vorzüglich reine Intervalle, zum Schaden der übrigen, giebt, sondern sich mehr an das hält, was der Natur des reinen Gesanges aus jedem Grundtone am nächsten kömmt. Die Verhältniße dieser Temperatur stelle ich hier so vor, daß man sie leicht mit denen der gleichschwebenden vergleichen kan

C	1	1, 0000	G	$\frac{2}{3}$	0, 6667
Cis	$\frac{24}{25}$	0, 9492	Gis	$\frac{81}{128}$	0, 6328
D	$\frac{8}{9}$	0, 8889	A	$\frac{16}{27}$	0, 5963
Dis	$\frac{27}{32}$	0, 8437	B	$\frac{9}{16}$	0, 5625
E	$\frac{4}{5}$	0, 8000	H	$\frac{8}{15}$	0, 5313
F	$\frac{3}{4}$	0, 7500	c	$\frac{1}{2}$	0, 5000
Fis	$\frac{32}{45}$	0, 7111			

Man kan über diesen Gegenstand noch in G. F. T. (Tempelhof) Gedanken über die Temperatur des Herrn Kirnbergers (Berlin, 1775. 8.) und Marpurgs Versuch über die musikalische Temperatur (Breslau, 1776. 8.) mehrern Unterricht finden.

Die Reihe aller Töne, welche auf unsern Instrumenten vorkommen, begreift zehn Octaven, oder 121 Saiten. Der tiefste Ton der Orgeln kömmt von einer 32 Fuß langen, der höchste von einer $\frac{1}{32}$ Fuß langen Pfeife. Aber zum Gesange selbst werden die zwey untersten und drey obersten dieser Octaven nie gebraucht. Sie dienen blos zu Ver-

Digitized by Google

ſtärkung der Harmonie. Das zur Melodie brauchbare Tonſyſtem geht von C — c, oder von dem Tone von 8 Fuß, bis zu dem von $\frac{1}{4}$ Fuß, durch eine Reihe von 61 Tönen. Aber ſchon hievon iſt der Gebrauch der oberſten Octave nur auſſerordentlich.

Sauveur hat für den tiefſten hörbaren Ton den von $12\frac{1}{2}$, für den höchſten den von 6400 Schwingungen in einer Secunde angenommen, welche um neun Octaven von einander abſtehen. Euler ſetzt dieſe Grenzen auf 30 und 7520, oder nach neuern Beſtimmungen auf 20 und 4000 Schwingungen, welches ohngefähr acht Octaven begreift. Die tiefſten und höchſten Orgeltöne ſind auch in der That ſo undeutlich, daß man zweifelhaft wird, ob ſie zu den als Töne hörbaren Lauten zu ſetzen ſind.

Von der Aehnlichkeit der Töne mit den Farben ſ. die Artikel: Farbenbild, Farbenclavier, Licht. Newton hat zwar die Räume der ſieben Regenbogenfarben den Stufen der völlig reinen weichen Tonleiter proportional gefunden; im Grunde aber iſt dies immer nur unbeſtimmte Schätzung, und eigentlich ſind zwiſchen Blau und Roth im Regenbogen eben ſo unendlich viel Farben, wie zwiſchen C und c unendlich viel Töne liegen.

C. B. Funccii Progr. De ſono et tono. Lipſ. 1779. 4.

Lettres à une Princeſſe d' Allemagne ſur divers ſujets de phyſ. et de philoſ. Mietau & Leipſ. 1770. 8maj. To. I. lettr. 4 — 7.

J. G. Sulzers allgemeine Theorie der ſchönen Künſte, neue Auflage. Leipzig, 1786. gr. 8. Art. Ton, Syſtem, Temperatur.

Erxleben Anfangsgr. der Naturl. 4te Aufl. §. 284 — 292.

Torricelliſche Leere, ſ. Leere.

Torricelliſche Röhre, ſ. Barometer.

Trabanten, ſ. Nebenplaneten.

Trägheit, Inertia, *Inertie*. Man bemerkt allemal, wenn ein ruhender Körper in Bewegung geſetzt, oder wenn die Richtung und Geſchwindigkeit eines bewegten Körpers geändert werden ſoll, daß zu dieſer Aenderung ſo etwas er-

Digitized by Google

fordert wird, dergleichen man **Kraft** nennt, d. i. eine Urſache, welche Bewegung hervorzubringen oder zu ändern ſtrebt, ſ. **Kraft**. Iſt keine ſolche Urſache vorhanden, ſo beharrt der ruhende Körper in ſeiner Ruhe, und der bewegte ſetzt ſeine Bewegung ungeändert nach der vorigen Richtung und mit der vorigen Geſchwindigkeit fort. Dieſe allgemeine Eigenſchaft, oder beſſer, dieſes allgemeine Phänomen der Körper nennt man ihre **Trägheit**.

Die Wahrnehmung hievon entſpringt eigentlich ſo. Wenn wir Körper mit unſern Gliedmaßen bewegen und aufhalten, ſo fühlen wir in uns eine gewiſſe hierauf zu verwendende Anſtrengung, die ganz eigentlich **Kraft** heißt. Dies macht, daß wir uns auch in allen andern Fällen, wo Ruhe und Bewegung ohne unſer Zuthun geändert wird, eine dieſer Kraft ähnliche Urſache gedenken, und in den Begrif, den wir uns vom Körper überhaupt bilden, die Vorſtellung legen, er ändere ſeinen Zuſtand nie ohne eine ſolche Urſache. Wir ſehen dies alſo als ein Merkmal der Körper an. Eine Erſcheinung, die wir ohne Anwendung einiger Kraft, etwa blos durch einen Gedanken oder Machtſpruch aufhalten, vor uns hertreiben und an andere Orte verſetzen könnten, würden wir für nichts körperliches erkennen.

So iſt die Vorſtellung von **Trägheit** nichts anders, als der Satz des zureichenden Grundes auf die Veränderung des Zuſtands der Körper angewandt. Unter Zuſtand verſteht man hiebey **Ruhe**, wenn der Körper ruht, **Richtung** und **Geſchwindigkeit**, wenn er ſich bewegt. Erfolgen ſolche Aenderungen, ſo erfordern wir allemal das Daſeyn einer Urſache: denn wenn wir ſelbſt ſie hervorbringen wollen, ſo **fühlen** wir dieſe Urſache in uns, und ſehen auch in andern Fällen, daß Urſachen dazu verwendet werden, die ſonſt etwas anders, z. B. Druck, Spannung u. dergl. bewirkten, die aber dies zu bewirken augenblicklich aufhören, ſo bald ſie ſich auf ſolche Aenderungen verwenden. Iſt keine ſolche Urſache da, ſo ſehen wir auch die Körper in ihrem vorigen Zuſtande beharren. Dieſe Art, ſich die Trägheit vorzuſtellen, welche Herr **Käſtner** (De inertia corporum in ſ. Diſſ. math. et phyſ. n. X. p. 75. und An-

fangsgr. der höhern Mechanik, I. Abſch. Cap. 2) eingeführt hat, ſtimmt mit der Erfahrung völlig überein, und die Trägheit in dieſem Sinne läſt ſich unläugbar zu den allgemeinen Phänomenen der Körper zählen.

Da ein Ding, um in ſeinem vorigen Zuſtande zu bleiben, keiner beſondern Kraft bedarf (unter welchem Namen vielmehr die Urſachen der Aenderung des Zuſtands verſtanden werden), ſo iſt es ganz unſchicklich, in der Trägheit ſelbſt eine Kraft zu ſuchen, und ſich des Namens Kraft der Trägheit (vis inertiæ, *force d'inertie*) zu bedienen. So häufig auch dieſer Name gebraucht worden iſt, und noch gebraucht wird, ſo liegt doch darinn ſogar ein Widerſpruch, da die Folgen der Trägheit nichts anders ſind, als Beharren im vorigen Zuſtande aus Mangel einer Kraft, alſo etwas, das Abweſenheit, nicht Daſeyn von Kraft, vorausſetzt.

Man iſt auf dieſe vermeinte Kraft der Trägheit dadurch gekommen, weil diejenige Kraft, die eine Aenderung des Zuſtands bewirkt, durch dieſe Aenderung gleichſam zu verſchwinden, oder verlohren zu gehen ſcheint; daher man ſich vorgeſtellt hat, es liege im trägen Körper eine entgegengeſetzte Kraft, die ſie aufzehre, ſ. Gegenwirkung. Man hat aber gar keine Veranlaſſung, ſo etwas anzunehmen; denn das vermeinte Verſchwinden oder Verlohrengehen beſteht ja blos darinn, daß die wirkende Kraft jetzt auf die ihr angemeſſene Aenderung des Zuſtands verwendet wird, und alſo ganz natürlich auſſerdem nichts weiter bewirken, oder ſich nicht mehr durch diejenigen Wirkungen zeigen kan, durch die ſie vorher ſichtbar ward.

Descartes (Princip. philoſ. P. II. §. 37.) lehrte, jeder Körper beſitze eine Kraft, in ſeinem vorigen Zuſtande zu beharren, alſo die Ruhe fortzuſetzen, wenn er ruhe, und in Bewegung zu bleiben, wenn er ſich bewege. Hiebey aber wird erſtens eine Kraft behauptet, wo man gar keine nöthig hat; zweytens wird von Descartes unter dem, was bey der Bewegung Zuſtand heißt, ganz irrig die Richtung nicht mit begriffen, ſondern lediglich auf Bewegung mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit geſehen. Der bewegte Kör-

per ſollte eine Kraft haben, ſeine Bewegung, wenn er vorwärts zu gehen gehindert würde, rückwärts, ſeitwärts u. ſ. w. fortzuſetzen — eine Kraft, die ihn nur immer in Bewegung zu erhalten ſucht, gleich viel, ob es nach der vorigen Richtung, oder nach einer andern, geſchehe.

Aus ſo falſchen Begriffen von Trägheit muſten freylich unrichtige Geſetze des Stoßes folgen, ſ. Stoß.

Die Erfinder der wahren Geſetze des Stoßes, beſonders Huygens, verbreiteten richtigere Vorſtellungen. Man ſahe ein, daß einen Körper von ſeiner vorigen Bewegung ſeitwärts abzulenken oder gar zurückzutreiben, eine neue Urſache erfordert werde, daß alſo zur Bewegung in krummen Linien eine eigne alle Augenblicke ablenkende Kraft gehöre u. ſ. w. Dieſen Grundſatz brachte auch ſchon D. Hook in ſeine Vorſchläge einer neuen Mechanik der Himmelskörper ſ. Gravitation (Th. II. S. 520). Endlich faßte Newton (Princip. L. I. Axiomata ſ. leges motus, Lex I.) die ganze Sache ſehr ſchön und beſtimmt in den kurzen Satz zuſammen: „Corpus omne perſeverare in „ſtatu ſuo *quieſcendi* vel *movendi uniformiter in directum*, „niſi quatenus a viribus impreſſis cogatur illum ſtatum „mutare“.

Dieſer Satz iſt ſeitdem unter dem Namen des Geſetzes der Trägheit (lex inertiæ, *loi d'inertie*) eines der erſten Grundgeſetze der Mechanik geworden. Ihm zufolge wird Kraft erfordert, ruhende Körper zu bewegen, und der bewegten geradlinigte Richtung oder Geſchwindigkeit zu ändern; ſo bald aber dieſe Kraft zu wirken aufhört, bleibt der Körper in dem letzten Zuſtande, in den ſie ihn verſetzt hatte, d. h. er behält die letzte Geſchwindigkeit, und ſetzt mit derſelben ſeine Bewegung nach der letzten Richtung gleichförmig und geradlinigt (uniformiter in directum) fort, bis neue Kräfte dieſes ändern. Dies zeigt nun auch die Erfahrung. Wenn z. B. die Kräfte, die einen Körper in der krummen Linie NM Taf. XXV. Fig. 58. erhielten, in M plötzlich aufhören, ſo fliegt derſelbe mit der Geſchwindigkeit, die er in M hat, nach der Richtung des letzten Theilchens der Curve, d. i. nach der Tangente MT, geradlinigt fort.

Digitized by Google

Betrachtet man also die Kräfte als etwas von der Materie abgesondertes, so verhält sich diese letztere gegen sie nur leidend (passiva est et iners). Sie folgt blos den Eindrücken der Kräfte, und thut für sich nichts, als daß sie in dem Zustand bleibt, in den jene sie versetzen. Dieses hat die Benennung der Trägheit veranlasset.

Wenn man bey diesem richtigen Begriffe stehen bleibt, den ausserdem auch Stewart (Some remarks on the laws of motion and the inertia of matter in den Edinburgh. Essays. Vol. I. p. 70.) und Leopold Hermann (Comment. de inertia. Halæ. 1774. 4.) erläutert haben, so entscheiden sich viele über die vermeinte Kraft der Trägheit sonst aufgeworfene Fragen und geführte Streitigkeiten von selbst. Noller und Brisson beweisen, daß die Kraft der Trägheit (da man z. B. Gewalt anwenden muß, eine Kugel, die an einem Faden hängt, zu bewegen) nicht vom Widerstande der Luft herrühre, 1. weil sie auch im luftleeren Raume statt findet, 2. weil Widerstand der Luft selbst Trägheit voraussetzt, 3. weil sich die Trägheit nicht, wie die Oberfläche, verhält. Es ist wohl unnöthig, diese Beweise hier auszuführen. Andere, z. B. Gordon (Physicæ experiment. elementa. Erf. 1751. 8. Tom. I. p. 42.), Kratzenstein (Diss. Amolitio vis inertiae et vis repulsivae. Havn. 1770. 8.) halten die Kraft der Trägheit für einerley mit der Schwere. Hiegegen darf man nur bemerken, daß das Gewicht einer Kugel, die am Faden hängt, oder auf einer wagrechten Ebne ruht, ganz vom Faden oder der Ebne getragen wird, mithin als Null anzusehen ist. Wer also Kraft anwendet, diese Kugel zu bewegen, hat es gar nicht mit ihrer Schwere zu thun: er verwendet seine Kraft auf Erzeugung einer Bewegung.

D. Franklin (On the vis inertiæ of matter in a letter to Mr. Baxter in *Benj. Franklin's* Political, miscellaneous and philosophical pieces. London, 1779. 4. p. 479.) hält die Kraft der Trägheit für ein Unding, weil alles eben so erfolgen müste, wie jetzt, wenn man auch keine besondere Kraft in den Körpern annähme. Hier ist offenbar,

Digitized by Google

daß dieser große Physiker nur seinen eignen unrichtigen Begrif, nicht das Phänomen der Trägheit selbst, bestreitet.

Aus dem richtigen Begriffe folgt auch leicht, daß sich die Trägheit, wie die Menge der Masse, verhalte. Das heißt nemlich: In einem Körper von doppelter, dreyfacher Masse ꝛc. eben so viel Aenderung des Zustands hervorzubringen, ist doppelt, dreymal so viel Kraft ꝛc. nöthig, als in einem Körper von einfacher Masse ein gleiches zu thun. Das ist nun ganz natürlich, da wir keine andere, als träge Masse, kennen, also die doppelte Masse so viel ausmacht, als zween Körper, deren jeder die einfache Kraft erfordert u. s. w. Daher kömmt es auch, daß man den Mittelpunkt der Masse da Mittelpunkt der Trägheit nennt, wo blos von träger, nicht von schwerer, Masse die Rede ist, s. **Mittelpunkt der Masse**.

Bey dem allen ist doch die ganze Sache nur allgemeines **Phänomen**, und mehr als dieses muß man nie darinn suchen. Wir betrachten freylich die Kräfte als abgesondert von der Materie, und in dieser Betrachtungsart werden jene der thätige Theil, so wie diese der leidende indifferente, träge wird. Aber wer kan wohl behaupten, daß in der wirklichen Welt alle Kräfte völlig ausserhalb der Materie liegen, vorzüglich bey den Bewegungen der thierischen Körper, und bey so vielen andern, die durch Anziehung, Verwandtschaft u. dergl. veranlaßt werden? Man geht weit über die Grenzen der Physik hinaus, wenn man einen so kühnen Ausspruch wagen will, s. Körper (Th. II. S. 781). Auf der andern Seite giebt es Metaphysiker, die alle Kräfte in der Materie suchen, s. Materie (Th. III. S. 153 u. f.). Uns, die wir dies alles unentschieden lassen, müssen doch beyde Partheyen zugeben, daß zu jeder Aenderung des Zustands eine Ursache gehöre, sie finde nun in oder ausser dem Körper statt. Sobald wir diese Ursache absondern, bleibt die Vorstellung des trägen Körpers zurück, und mehr als dieses wollen wir mit der ganzen Lehre von Kraft und Trägheit nicht sagen.

Euler (Enodatio quaestionis, utrum materiae facultas cogitandi tribui possit, nec ne; in Opusc. var. arg. To.

I. Berol. 1746. 4. p. 277. sqq.) will aus der Kraft der Trägheit, die dem zur Denkkraft gehörigen Vermögen, seinen Zustand unaufhörlich zu ändern, gerade entgegengesetzt sey, erweisen, Gott selbst könne der Materie keine Denkkraft verleihen. Der Materialist möchte dagegen wohl einwenden, aus dem richtigen Begriffe von Trägheit folge gar nicht, daß alle Materie schlechterdings und ihrem Wesen nach kraftlos seyn müsse, ob es gleich verstattet sey, sich dieselbe so vorzustellen. Auch bedeutet das Wort Zustand beym denkenden Subjecte gewiß etwas anders, als was hier beym bewegten oder ruhenden Körper darunter verstanden wird. Zum Glück können wir die tröstende Hofnung unserer Unsterblichkeit auf weit festere Stützen gründen, als ihr dieser übertriebne Begrif von Trägheit der Materie gewähren würde.

Priestley, durch eben diesen falschen Begrif verleitet, glaubt, man schände die Materie, wenn man sie träg schelte, und sucht sie zu veredeln, indem er ihr Trägheit und Undurchdringlichkeit abspricht. Herr de Lüc aber zeigt ihm, daß seine aus lauter Kräften und Wirkungskreisen zusammengesetzte Materie, im wahren Sinne des Worts, dennoch wieder träg seyn würde; wobey doch auch de Lüc nicht läugnet, daß in der Materie vielleicht mehr liege, als wir mit unsern Sinnen darinn wahrzunehmen vermögen, s. Materie (Th. III. S. 155. 156).

Käſtner Anfangsgründe der höhern Mechanik, I. Abschn. Cap. 2.

Erxleben Anfangsgr. der Naturlehre. 4te Auflage, durch Lichtenberg, §. 53 — 58.

Brisson Dict. raisonné de Physique. Art. *Force d'inertie.*

Tribometer, s. Reiben (Th. III. S. 696.)

Trichter, magischer, s. Zaubertrichter.

Trocken, Siccum, *Sec.* Man nennt feste Körper trocken, wenn sich wenig oder gar keine Feuchtigkeit in ihren Zwischenräumen aufhält, oder an ihre Oberfläche anhängt, s. Feucht, Feuchtigkeit, Adhäsion. Es wird also das Trokne dem Feuchten oder Nassen entgegengesetzt.

Digitized by Google

Wenn man feuchte Körper der Wärme oder freyen Luft aussetzt, so verdünstet ihre Feuchtigkeit, und sie werden troken. So kan man auch Körper trocken machen, indem man sie mit andern in Berührung bringt, die ihre Feuchtigkeit in sich nehmen. Alle diese Operationen nennet man das **Trocknen**, **Abtrocknen**, **Austrocknen** (siccare, exsiccare, *sécher*, *dessécher*.).

Man nennt auch wohl flüßige Materien **trocken**, wenn sie kein Wasser enthalten, oder wenigstens nicht geneigt sind, das in ihnen enthaltene den Substanzen, die sie berühren, mitzutheilen. In diesem Sinne wird die Luft **trocken** genannt, wenn sie keine Feuchtigkeit enthält, oder dem Hygrometer keine mittheilt. Von den Mitteln, die Luft auszutrocknen, s. den Art. **Hygrometer**.

Trockenheit (siccitas, *sécheresse*) ist der Zustand des trocknen Körpers. Man sieht leicht, daß eben derselbe Körper durch zufällige Umstände bald trocken, bald feucht werden kan, ohne wesentliche Aenderung seiner Substanz. So trocknet die Kälte alle Körper, indem sie ihrer Feuchtigkeit den flüßigen Zustand raubt; die Wärme hingegen trocknet, indem sie diese Feuchtigkeit zum Verdünsten bringt. Trockenheit ist blos Abwesenheit des Feuchten oder Flüßigen, und beruht keinesweges auf einem eignen trocknen Princip, dergleichen die ältern Chymiker in der elementarischen Erde suchten. Ein Beyspiel eines hieraus entstandenen Irrthums findet man beym Worte **Phlogiston** (Th. III. S. 463).

Bey Betrachtung der Erdfläche wird **das Trockne** dem mit Wasser bedeckten Theile, d. i. dem Meere und den Seen, entgegengesetzt.

Tropfbare Flüßigkeiten, s. **Flüßig**.

Tropfen, Guttae, *Gouttes*. Wenn einzelne vom Ganzen abgesonderte Theile einer flüßigen Materie sich in einem Mittel befinden, an das sie keine oder wenigstens keine starke Adhäsion haben, so nehmen sie eine kugelrunde Gestalt an, und führen unter derselben den Namen der **Tropfen**. So verhalten sich die Theile des Wassers,

Digitized by Google

Weingeists, Queckſilbers u. ſ. w. in der Luft, durch die ſie fallen, die Theile des Oels im Waſſer, durch das ſie aufſteigen u. ſ. w.

Man ſchrieb ehedem die Kugelgeſtalt der Tropfen dem Drucke der Luft zu, der auf abgeſonderte Theile flüßiger Materien ringsum mit gleicher Stärke wirke. Als man aber fand, daß alle Phänomene der Tropfen auch in luftleeren Räumen ſtatt finden, ſetzte man dafür den Druck der ſubtilen Materie oder des Aethers. Weit richtiger ſieht Newton die Erſcheinungen der Tropfen als Phänomene der Attraction an, durch welche die Theile der flüßigen Materien zuſammenhängen. Er ſagt hievon in ſeinen der Optik beygefügten Fragen (Opt. Qu. 23. p. m. 338): „*Guttae* corporis cujusque fluidi, ut *figuram globoſam* induere conentur, facit mutua partium ſuarum *Attractio*; eodem modo, quo Terra Mariaque in rotunditatem undique conglobantur, partium ſuarum Attractione mutua, quae eſt Gravitas.“ Doch ſoll hierinn keine Cauſalerklärung liegen. Newton will nur ſo viel ſagen, die Urſache der Tropfengeſtalt ſey einerley mit der Urſache des Zuſammenhangs, deren Natur übrigens unbekannt iſt.

Vorſtellen kan man ſich allerdings, als ob alle Theile einander gleich ſtark anzögen. Unter dieſer Vorſtellung iſt die Kugelgeſtalt die einzige, in welcher die Theile in einem vollkommnen Gleichgewichte ſeyn können. Sobald andere Kräfte ſtärker wirken, als dieſe Anziehung oder Cohäſionskraft, wird der Tropfen zertrennt oder ſeine Geſtalt geändert. Wenn eine große Maſſe Waſſer durch die Luft herabfällt, ſo zertheilt ſie ſich von ſelbſt in lauter Tropfen, weil jeder Theil, deſſen Gewicht ſtärker iſt, als ſein Zuſammenhang mit den übrigen, ſich losreißt und einen eignen Tropfen bildet.

Muſſchenbroek (Introd. ad philoſ. nat. To. I. §. 1018. ſqq.) erzählt eine Menge ſchöner Verſuche über die Tropfen. Er bildete Tropfen, indem er flüßige Materien durch einen gläſernen Trichter, der ſich in ein Haarröhrchen endigte, auf untergelegte wagrechte Flächen langſam herabfallen ließ.

Digitized by Google

Die Durchmesser und Höhen der Tropfen maß er durch ein eignes Werkzeug.

Tropfen, die auf einer wagrechten Fläche liegen, werden durch ihr Gewicht und durch die Adhäsion an diese Fläche am untern Theile platt. Wassertropfen von 1 Lin. Durchmesser auf polirtem Eisen nahmen die Gestalt einer Halbkugel an, noch mehr zerflossen sie auf Elfenbein, Guajakholz und Buxbaum, am meisten auf Queckſilber und Glas. Auf dem wolligten Ueberzuge der Blätter hingegen bleiben die Tropfen fast völlig rund, wie man am Thaue sieht. Auch auf glühendem oder sehr heissem Eisen bleiben die Tropfen rund, und springen von einer Stelle zur andern, bis sie ganz verdampft sind.

Kleine Queckſilbertropfen sind fast auf allen glatten Flächen sehr träg, und fallen nicht herab, wenn man gleich die Unterlage umkehrt. In dieser Stellung kan man auch sehr deutlich sehen, wie sie an der Fläche platt sind, und wie stark das Gewicht dieser kleinen Tropfen von der Kraft des Anhängens übertroffen wird. Die gröſten Queckſilbertropfen, welche **Muſſchenbroek** bilden konnte, waren von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser; diese wurden aber durch ihr eignes Gewicht so platt gedrückt, daß ihre Höhe nie über 0,15 Zoll betrug. Kleine Tropfen von $\frac{1}{100}$ Zoll Durchmesser behielten beynahe völlig ihre Kugelgestalt, ob sie gleich am Buxbaum- Guajak- Granadillenholz u. dergl. so fest hiengen, daß sie auch beym völligen Umkehren nicht herabfielen.

Tropfen wäſſerigter oder öligter Liquoren, die von einem festen Körper herabhängen, sind am untern Theile rund. Solche Tropfen an Glasgefäßen können eine beträchtliche Gröſſe und Länge erreichen, und die Gestalt eines Cylinders annehmen, der sich unten in eine Halbkugel endigt: nicht als ob die anziehende Kraft des Glases sich auf die ganze Länge des Tropfens erſtreckte, sondern weil die Wassertheile einander selbſt anziehen, also die untern von den obern, diese aber vom Glase, an dem sie anhängen, gehalten werden. Iſt das Gewicht des Tropfens gröſſer, als die Summe aller ziehenden Kräfte in einer gewiſſen Länge, so fängt sich daselbſt an ein dünner Hals zu bilden, und

Digitized by Google

der untere Theil des Tropfens trennt sich von dem obern, der am Glase anhängt, so daß niemals der ganze Tropfen, sondern nur ein Theil desselben, vom Glase abfällt.

Wenn zween Tropfen von einerley Flüßigkeit auf einer reinen Oberfläche, von der sie wenig gezogen werden, zur Berührung kommen, so fließen sie augenblicklich in einen einzigen Tropfen zusammen. Am deutlichsten sieht man dieses an kleinen sehr reinen Queckſilbertropfen auf reinem glatten Papier oder auf einem Glasspiegel. Wenn aber mehrere Tropfen Wasser oder Weingeist auf Glas neben einander liegen, und einer davon nach und nach bis zur Berührung mit den andern vergrößert wird, so vereinigen sie sich zwar auch, aber nicht so vollkommen; sie bilden vielmehr eine längliche Figur, die in der Mitte einen schmalen Hals behält. Dies kömmt daher, weil die Wassertheile, welche das Glas zuerst benetzt haben, an demselben so stark anhängen, daß sie von den zusammenfließenden Theilen der Tropfen nicht losgerissen werden können; daher sich der neue Tropfen an den einmal benetzten Stellen des Glases weiter verbreitet, als in der Mitte, wo das Glas vorher noch trocken war. Tropfen von geschmolzenem Zinn, Bley, Wismuth u. dergl. auf heissem Eisen verhalten sich, wie Queckſilbertropfen auf Glas.

Auch dieses Zusammenfließen der Tropfen hat man aus dem Drucke der Luft erklären wollen. Die Ausflüße aus dem einen Tropfen sollten wegen der ähnlichen Gestalt der Poren sehr häufig in den andern eindringen und die zwischen beyden befindliche Luft aus der Stelle treiben, daher der Seitendruck der umliegenden Luft die Tropfen zusammentriebe. Aber die Ausflüße, welche die Luft vertreiben sollen, sind doch nur erdichtet, und alles erfolgt im luftleeren Raume genau so, wie im luftvollen. Mit eben so wenig Glück hat man nachher den Aether an die Stelle der Luft zu setzen gesucht. Dieser würde die Tropfen durchdringen, also nicht zusammentreiben. Die Gelehrten würden, wie Muſſchenbroek sehr richtig sagt, solche Erklärungen gar nicht erdacht haben, wenn sie sich die Mühe genommen hätten, die Versuche selbst anzustellen. Diese zeigen sehr deut-

Digitized by Google

lich, daß es hiebey auf die Beschaffenheit der Materien und auf eben die Ursachen ankomme, welche die Cohäsion der flüßigen Körper unter einander selbst, und ihre Adhäsion an feste, bewirken.

Noch mehr Versuche über die Gestalten der Tropfen hat Herr von Segner (Comm. Soc. Gotting. To. I. p. 301.) mitgetheilt.

v. Muſſchenbroek Introd. ad philoſ. nat. To. I. §. 1018 — 1020.

Tropikus, ſ. **Wendekreiſe.**

Tropiſches Jahr, ſ. **Jahr.**

Turmalin, Turnamal, Trip, Aſchenzieher, Aſchentrecker, elektriſcher Stangenſchörl, zeyloniſcher Magnet, Turmalinum, Lapis electricus, *La Tourmaline*. Ein harter halbdurchſichtiger, am gewöhnlichſten dunkelbrauner, inwendig glänzender Stein, von muſchlichtem Bruche mit vielen gleichlaufenden Queerſprüngen, der ſich theils in gemeiner Geſtalt in ſtenglichten abgeſonderten Stücken, theils in drey- oder neunſeitigen, oft der Länge nach geſtreiften, Prismen findet, und die beſondere Eigenſchaft hat, durch Erwärmung und Erkältung nach gewiſſen eignen Geſetzen ſtark elektriſch zu werden.

Die Alten erwähnen einige Steine, welche erwärmt oder gerieben leichte Körper anziehen. Dahin gehört das Lyncurium des Theophraſt (De lapidibus ed. *Heinſii*. Lugd. Bat. 1613. fol. p. 395.), das man ſchon bey den Römern nicht mehr kannte (*Plin.* H. N. XXXVII. 3.), der Theamedes, der nach dem Plinius (XXXVI. 16.) alles Eiſen abſtoßen ſoll, und eine Art des Carbunculus, die nach eben dieſem Schriftſteller (XXXVII. 7.) von der Sonne erwärmt oder mit den Fingern gerieben, Spreu und Papierſpäne anzieht. Auch der Araber Serapion (De ſimplicibus medicinis) gedenkt eines aus dem Orient kommenden Steines (Hager Albuzedi), der an den Haaren gerieben, Spreu anziehe, und der Beſchreibung nach zu den Hyacinthen zu gehören ſcheint. Ob aber dieſe Steine mit dem Turmalin übereinkommen, iſt um ſo weniger zu ent-

Digitized by Google

ſcheiden, da an den meiſten Edelſteinen elektriſche Erſcheinungen wahrgenommen werden.

Die erſte Nachricht vom Turmalin findet Herr **Beckmann** in einem längſt vergeſſenen Buche (Curiöſe Speculationes bey Schlaf-loſen Nächten — von einem Liebhaber, der Immer Gern Speculirt. Chemnitz und Leipzig, 1707. 8.), deſſen Verfaſſer meldet, ihm ſey von Herrn Daumius, Stabs-Medicus bey der königl. Polniſch. und Churf. Sächſ. am Rhein ſtehenden Miliz erzählt worden, „daß anno „1703 die Holländer einen aus Oſtindien von Zeylon kom„menden Edelſtein, Turmalin oder Turmale, auch Trip „genannt, zum erſtenmal nach Holland gebracht hätten, „welcher die Eigenſchaft habe, daß er die Turff-Aſche auf „der heiſſen oder glühenden Turff-Kohle nicht allein, wie „ein Magnet das Eiſen, an ſich ziehe, ſondern auch ſolche „Aſche zu gleicher Zeit wieder von ſich ſtoße — und wür„de er deswegen von den Holländern **Aſchentrecker** ge„nannt; die Couleur ſey Pomeranzenroth mit Feuerfarbe „erhöht.“ Auch findet Herr **Beckmann** in dem Verzeichniße der 1711 zu Leiden verkauften Naturalienſammlung des berühmten Botanikers **Paul Hermann** (Catalogus muſei Indici — collecti a *P. Hermanno*. Lugd. Bat. p. 30.) unter den Edelſteinen: Chryſolithus Turmale Zeylon. angegeben.

Lemery zeigte der pariſer Akademie 1717 einen ſolchen Stein aus Zeylon vor, der in ihren Schriften von dieſem Jahre als ein kleiner Magnet bekannt gemacht ward, welcher ſich von den gewöhnlichen Magneten nur dadurch unterſcheide, daß er einen und ebendenſelben Körper zuerſt anziehe und hernach abſtoße. Zufolge dieſer Nachricht, welche nicht einmal die nöthige Erwärmung dieſes Steins erwähnt, hielt man ſeine Wirkung für magnetiſch, und nannte ihn den **zeyloniſchen Magnet** (ſ. *v. Muſſchenbroek* Diſſ. de magnete. Lugd. Bat. 1729. 4. in præf.). In dem bekannten Naturlexicon, welches ſo oft mit **Hübners** Vorrede gedruckt iſt, findet ſich der Artikel **Trip** ſchon in der Ausgabe von 1727; und die Vermehrungen deſſelben in der von 1741 zeigen, daß ſchon damals deutſche Natur-

forſcher Verſuche mit dieſem Steine müſſen angeſtellt haben.

Linné (Flora Zeylonica. Holm. 1747. 8. p. 8.) iſt der erſte, der dem Turmalin den Namen: Lapis electricus beylegt, und dadurch die wahre Urſache ſeiner Erſcheinungen angiebt. Dies war inzwiſchen nur eine Muthmaßung von Linné, welcher damals noch keinen Turmalin geſehen hatte.

Erſt die Herren Aepinus und Wilke brachten bey ihren in Berlin angeſtellten Unterſuchungen über die entgegengeſetzten Elektricitäten dieſe Muthmaßung zur völligen Gewißheit, und entdeckten die beſondern Geſetze der Elektricität des Turmalins. Wilke (Geſch. des Turmalins, in den ſchwed. Abhdl. d. deutſch. Ueb. XXVIII. B. S. 95. XXX. B. S. 1 u. 105.) hat das hieher gehörige im Zuſammenhange vorgetragen; Aepinus machte die Entdeckung zuerſt bekannt (Mém de l'Acad. de Berl. 1756. p. 110.) und ließ in der Folge die darüber gewechſelten Schriften zuſammendrucken (Recueil de differens memoires ſur la Tourmaline, publié par *Aepinus*. à St. Petersb. 1762. 8).

Die Eigenſchaften des Turmalins in Abſicht auf die Elektricität ſind folgende.

1.) So lang er in einerley Grade der Wärme erhalten wird, zeigt er keine elektriſchen Erſcheinungen. Er wird aber elektriſch, ſowohl durch Erwärmung, als durch Erkältung, und zwar durch erſtere ſtärker, als durch letztere: am ſtärkſten in ſiedendem Waſſer.

2.) Dieſe Elektricität zeigt ſich in der Gegend zweener entgegengeſetzten Punkte, die man ſeine Pole nennen kan. Dieſe liegen in gerader Linie mit dem Mittelpunkte des Steins, in der Richtung ſeiner Blätter oder Streifen, nach der er auch vollkommen undurchſichtig iſt.

3.) Während der Erwärmung iſt eine Seite von ihm A poſitiv, die andere B negativ elektriſch. Während der Erkältung iſt A negativ, und B poſitiv elektriſch. Erwärmt man die eine Seite, indem man die andere erkältet, ſo zeigen beyde einerley Elektricität; und wenn nur eine Seite

allein ihre Temperatur verändert, so zeigt sich auch die Elektricität nur an dieser Seite.

4.) Wird er erwärmt und nachher wieder abgekühlt, ohne daß eine seiner Seiten berührt wird, so ist A positiv, B negativ, die ganze Zeit der Erwärmung und Abkühlung hindurch.

5.) Durch Reiben ohne Erwärmung kan man jeder seiner Seiten, auch beyden zugleich, positive Elektricität geben.

6.) Wird er auf einem isolirten Körper erwärmt oder erkältet, so erhält dieser Körper die entgegengesetzte Elektricität von derjenigen, die sich in der darauf ruhenden Seite des Steins befindet.

7.) Wenn der Turmalin beym Erwärmen oder Erkälten andere Substanzen berührt, so kan sich die Elektricität seiner Seiten in die entgegengesetzte verwandeln. Wird er z. B. in der Hand erwärmt, so wird diejenige Seite negativ, welche in freyer Luft positiv würde geworden seyn, die andere aber positiv.

8.) Wird ein Turmalin in mehrere Stücken zerschnitten, so hat jedes Stück seinen positiven und negativen Pol, jeden nach der positiven oder negativen Seite des Ganzen zu, aus welchem es geschnitten ist.

9.) Diese Eigenschaften zeigen sich auch im luftleeren Raume, aber nicht so stark, als an der Luft.

10.) Wird der Stein mit einer nichtleitenden Substanz, als Siegellack, Oel ꝛc. überzogen, so zeigt er doch mehrentheils auch unter dieser Bekleidung noch die vorigen Erscheinungen.

Der Herzog von Noya Caraffa (Lettre sur la Tourmaline à Mr. de *Buffon*. à Paris, 1759. 4.), welcher um eben diese Zeit mit Daubenton und Adanson schätzbare Versuche über den Turmalin angestellt hatte, nahm die Elektricitäten beyder Seiten nicht für entgegengesetzt, sondern nur eine für stärker, als die andere, an, bestätigte aber im übrigen alle von Aepinus angegebne Gesetze und bestimmte die Weiten, in welchen verschiedne leichte Körper angezogen wurden, in einer Tabelle, die auch Mus-

Digitized by Google

ſchenbroek (Introd. in phil. nat. To. I. §. 895.) mittheilt.

Die engliſchen Naturforſcher erhielten die erſten Turmaline aus Holland durch die Beſorgung des Herrn Heberden. Wilſon (Philoſ. Trans. Vol. LI. P. I. p. 308.) fand durch ſeine Verſuche eben die Reſultate, wie Aepinus; nur wegen des bey 7. angeführten widerſprach er dem letztern, und behauptete, ein auf beyden Seiten ungleich erhitzter Turmalin zeige allezeit an beyden diejenige Elektricität, welche der ſtärker erhitzten Seite zugehöre. Auch iſt das bey 2. von der Lage der Pole, und das bey 10. angeführte ganz Wilſons Entdeckung. Canton (Philoſ. Trans. Vol. LII. P. II. p. 443.) gab endlich den Geſetzen 3. 4. 5. ihre richtige und feſte Beſtimmung, indem er zuerſt die hiebey ſo wichtige Entdeckung machte, daß dieſer Stein die elektriſchen Erſcheinungen nicht in ſo fern zeigt, als er heiß oder kalt iſt, ſondern in ſo fern, als ſich ſeine Wärme oder Kälte ändert.

Noch eine Anzahl verſchiedener Verſuche mit Turmalinen finden ſich beym Prieſtley (Geſchichte der Elektricität der deutſch. Ueberſ. S. 456 u. f.), Wilke (ſchwed. Abhdl. a. a. O.) Bergmann (Comm. de indole electrica Turmalini in Phil. Trans. Vol. LVI. p. 236 u. ſchwed. Abhdl. B. XXVIII.). Canton und Wilke haben auch Licht dabey geſehen; der letztere brachte ſogar kniſternde Funken hervor. Eine elektriſirte Glasröhre zieht den Stein an, ſtößt ihn aber nicht wieder ab. Das Glas theilt ihm keine Elektricität mit, nimmt aber auch von ihm keine an. Zween elektriſirte Turmaline ziehen einander an, und bleiben mit den entgegengeſetzten Seiten an einander hängen. In dieſem Zuſtande werden beyde vereinigt von einem elektriſirten Glaſe angezogen, und darauf wieder abgeſtoßen; beyde Turmaline aber bleiben an einander. Alles dieſes iſt den Geſetzen der elektriſchen Wirkungskreiſe vollkommen gemäß.

Durch einen Schlag oder Stoß laſſen ſich die Elektricitäten beyder Seiten nicht vereinigen. Die Erſcheinungen hören zwar auf, ſo lange beyde Belegungen durch Leiter ver-

Digitized by Google

hunden ſind; ſie kommen aber wieder, ſobald man die Verbindung aufhebt, wenn nur die Erwärmung oder Erkältung fortdauert. Es ſcheint alſo beym Turmalin mehr Vertheilung, als Mittheilung, ſtatt zu finden, und hierinn ſind ſeine Erſcheinungen den magnetiſchen ähnlich, ſ. Magnet (Th. III. S. 101).

Die neuern Chymiſten und Mineralogen haben uns nun auch den Stein ſelbſt beſſer kennen gelehrt. Bergmann (De terra turmalini in Opuſc. phyſ. chem. II. p. 118.), Rinmann (ſchwed. Abhdl. B. XXVII. S. 45 u. 109 u. f.), Gerhard (Nouv. mém. de Berlin. 1777. n. 2.) fanden, daß er gröſtentheils aus Thon- und Kieſelerde, mit einem geringen Zuſatz von Kalkerde und Eiſenkalk beſteht, und alſo dem Schörl ähnlich, oder vielmehr eine Gattung des letztern iſt. Sein ſpecifiſches Gewicht iſt ohngefähr dreymal größer, als das Gewicht des Waſſers: er iſt ſehr ſtrengflüßig und ſchmelzt erſt bey heftiger und anhaltender Hitze vor dem Löthrohre zu einer ſchwammigen Schlacke, lößt ſich aber auch in mineraliſchem Laugenſalze, Phosphorſäure und Borax auf. Er unterſcheidet ſich von dem gemeinen Stangenſchörl durch eine größere Härte, in der er ohngefähr dem Chryſolith gleich kömmt.

Man findet Turmaline oder elektriſche Schörle an mehrern Orten. Schon Rinmann führt an, daß ſie in Braſilien, Kaſtilien, auf Isle de France, in Grönland, Norwegen, Schweden, auf dem uraliſchen und nertſchinskiſchen Gebirge in Sibirien ꝛc. angetroffen werden. In Deutſchland fand man ſie zuerſt in Tyrol (ſ. Müllers Nachricht von den in Tyrol entdeckten Turmalinen oder Aſchenziehern. Wien, 1779. gr. 4.), nachher im ſächſiſchen Erzgebirge bey Freyberg, Annaberg, Ehrenfriedersdorf (ſ. Werners Ueberſ. von Cronſtedts Mineralogie, I. B. S. 170. ingl. Hofmann im bergmänniſchen Journal 1788. I. St. S. 258.), und in Salzburg (ſ. v. Moll oberdeutſche Beyträge zur Naturlehre und Oekonomie für 1787. Salzburg, 1787. 8. S. 49). Die Herren de Sauſſüre und Girtanner (ſ. Crells chem. Annal. 1785. I. St. S. 269. 1786. I. St. S. 522. 530.) haben deren auch in

der Schweiz auf der Grimsel und am Gotthard gefunden.

Man hat die meisten der angeführten Eigenschaften, die man sonst für etwas dem Turmalin allein eignes hielt, nachher an noch mehrern Edelsteinen wahrgenommen. **Canton** fand sie im Jahre 1760 zuerst an dem brasilianischen Topas, **Wilson** 1761 an andern Edelsteinen von verschiedener Größe und Farbe, die an Härte und Glanz fast dem Topas gleich kamen, an Farbe aber meistens gelb oder roth waren, so daß die schönsten mit dem Rubin Aehnlichkeit hatten. **Wilson** fand auch einen Stein, der ihm unter dem Namen eines brasilianischen Smaragds zugeschickt war, der aber wie gemeines grünes Glas aussahe und der Länge nach Streifen hatte, von völlig gleicher Eigenschaft mit dem Turmalin. Mit diesem Steine hat **Aepinus**, der ihn für einen Chrysolith hielt, viele Versuche angestellt (Descriptio nov. phaenom. electr. detecti in Chrysolitho, sive Smaragdo Brasilienſi in Nov. Comm. Acad. Petrop. To. XII. p. 351 — 355). So fand auch **Wilson** diese Eigenschaften an andern grünen Edelsteinen aus Südamerika, die er von Herrn **Mendez d'Acosta** erhalten hatte, und welche aus langen dünnen in einander steckenden Krystallen bestanden (Phil. Trans. Vol. LII. P. II. S. 443.). Es sind also nicht alle Steine, welche diese elektrische Eigenschaften zeigen, zu einerley Classe zu rechnen; daher kömmt es, daß die Beschreibungen der äussern Kennzeichen der Turmaline so verschieden ausgefallen sind, und daß manche diesen Stein als Schörl zu den Thonarten, andere als Hyacinth, Chrysolith, Smaragd ꝛc. zu den Kieselarten gerechnet haben.

Beckmann Beyträge zur Geschichte der Erfindungen. Erster Band, Leipz. 1782. 8. 2. St. Num. 5. S. 241 u. f.

Prieſtley Gesch. der Elektricität durch Krünitz. S. 198 u. f.

Cavallo Vollständige Abhandl. der Lehre von der Elektricität, aus dem englischen. Dritte Auflage. Leipzig. 1785. gr. 8. S. 26.

Gmelin Grundriß der Mineralogie. Göttingen, 1790. 8. S. 203 u. f.

Digitized by Google

Typhon, Typho, *Typhon*. Man bezeichnet mit dieſem Namen einen heftigen Sturm- oder Wirbelwind, der ſich ſchnell durch alle Weltgegenden dreht, bisweilen ſenkrecht von oben herab zu kommen ſcheint, und die ſchrecklichſten Verwüſtungen anzurichten fähig iſt. Plinius (H. N. XX. 48.) überſetzt das griechiſche Wort durch Vortex. Stürme von dieſer Art ſind vorzüglich im indiſchen Ocean bey Siam, China, Japan in den Sommermonaten häufig, und ſcheinen durch das Zuſammenſtoßen zweener entgegengeſetzten Winde, oder durch den Stoß eines heftigen Windes gegen irgend ein Hinderniß zu entſtehen.

U.

Umdrehung, Umwälzung, Rotation, umdrehende Bewegung, Rotatio, Motus rotatorius ſ. gyratorius, *Rotation, Mouvement de rotation*. Wenn ſich ein Körper ſo bewegt, daß eine gewiſſe gerade Linie in ihm in Ruhe bleibt, ſeine übrigen Punkte aber Kreiſe um Punkte in dieſer Linie beſchreiben, ſo nennt man dieſe Bewegung eine **Umdrehung**, die ruhende gerade Linie die **Axe der Umdrehung** (axis rotationis ſ. gyrationis) und die Punkte, in welchen dieſe Axe die Oberfläche des Körpers ſchneidet, **Pole der Umdrehung**. So dreht ſich Taf. XXV. Fig. 59. der Kreiſel CDA, von der wagrechten Fläche EAF getragen, um die ruhende Axe BA dergeſtalt, daß jeder Punkt deſſelben, wie G, um einen Punkt I der Axe einen Kreis GH beſchreibt, welcher den ſenkrechten Abſtand des Punkts von der Axe, oder GI, zum Halbmeſſer hat. B und A ſind die Pole dieſer Umdrehung.

Die Betrachtung der Umdrehungen um Axen macht einen beſondern Abſchnitt der höhern Mechanik aus, den man beym **Euler** (Theoria motus corporum ſolidorum ſ. rigidorum. Cap. II. III. IV. p. 122. ſqq.) und **Karſten** (Lehrbegrif der geſammten Mathematik. Vierter Theil. Mechanik, IX. X. XIV. XV. Abſchnitt) abgehandlet findet.

Digitized by Google

Ist der umgedrehte Körper eine Kugel, so heißt der auf der Axe lothrecht stehende gröste Kreis der **Aequator der Umdrehung**. Alle Punkte der Kugel beschreiben Kreise, welche mit diesem Aequator gleichlaufend sind, und daher **Parallelkreise** genannt werden; nur die in der Axe selbst befindlichen Punkte, also auch die Pole, ruhen. Bey Körpern von anderer Gestalt sind diese Parallelkreise auch vorhanden, wie CD, GH Fig. 59, nur daß sich nicht allemal einer darunter findet, den man schicklich den Aequator nennen könnte; man müste denn denjenigen wählen, der von beyden Polen gleich weit absteht.

Im freyen Raume, wo alle Hinderniße der Bewegung wegfallen, bewirkt der directe Stoß gegen eine durchaus gleichartige Kugel blos eine fortgehende Bewegung ohne Rotation; der eccentrische Stoß aber bringt zugleich Umdrehung um eine Axe hervor, s. **Stoß**. Beyde Bewegungen dauren im freyen Raume durch die Trägheit fort, wenn sie einmal entstanden sind, ohne daß eine in die andere weitern Einfluß hat. Centralkräfte, welche die fortgehende Bewegung ändern, wirken in diesem Falle nicht auf die Umdrehung. Wo aber Reiben und andere Hinderniße der freyen Bewegung statt finden, da kan schon der directe Stoß zugleich Umdrehung bewirken; auch hat hier die Umdrehung in den Fortgang selbst Einfluß.

Umdrehung um eine Axe bemerkt man an der Erdkugel, am Monde, der Sonne, dem Jupiter und Mars, der Venus, und vermuthet daher dergleichen auch bey den übrigen Körpern unsers Sonnensystems, wo sie sich nicht durch unmittelbare Beobachtung zeigt. Alle Umdrehungen im Sonnensystem gehen nach einerley Seite oder Richtung, nemlich nach der Ordnung der Zeichen, nach welcher auch die fortgehenden Bewegungen erfolgen; daher man sie sehr wahrscheinlich von einem gemeinschaftlichen Ursprunge, nemlich von einem eccentrischen Stoße auf die Massen der Weltkörper herleitet. Da die Centralkräfte und Perturbationen in den Umdrehungen nichts stören, so erfolgen diese letztern mit gleichförmiger Geschwindigkeit, wovon die 24stündige Umdrehung der Erde ein Beyspiel giebt.

Digitized by Google

Durch die Umdrehung erhalten die Theile des Körpers einen Schwung oder eine Schwungkraft, welche sie von der Axe zu entfernen strebt, und wirklich entfernt, wenn die Kräfte, womit sie zusammenhängen, oder nach dem Mittelpunkte getrieben werden, allzugering sind. Wirkungen dieses Schwunges bey der Erdkugel sind die verminderte Schwere um den Aequator und die abgeplattete Gestalt der Erde, s. **Schwungkraft**, **Schwere der Erdkörper**.

Umfang, s. **Volumen**.

Umlauf, Revolutio, Circuitus, Periodus, *Revolution*. So nennt man bey Centralbewegungen den Fortgang des bewegten Körpers von einem Punkte seiner krummlinigten Bahn bis wieder zu ebendemselben. Es wird also Bewegung in einer solchen Curve vorausgesetzt, welche in sich selbst zurückgeht. So machen die Planeten und Kometen elliptische Umläufe um die Sonne, und die Nebenplaneten verrichten dergleichen um ihre Hauptplaneten. Das vornehmste von der Theorie solcher Umläufe s. beym Worte **Centralbewegung**.

Bey scheinbaren Bewegungen wird unter dem **Umlaufe** ebenfalls der scheinbare Fortgang von einem Punkte der Bahn bis wieder zu demselben verstanden. So besteht der **tägliche Umlauf** (*revolution diurne*) der Gestirne in einer scheinbaren Umdrehung der ganzen Himmelskugel, wobey jedes Gestirn einen Kreis zu beschreiben scheint, und also einen scheinbaren Umlauf vollendet, indem es von einem Punkte dieses Kreises bis wieder zu ebendemselben fortgeht. Was nemlich in Absicht auf die ganze Sphäre Umdrehung scheint, das scheint in Absicht einzelner Punkte derselben Umlauf in Kreisen zu seyn.

Umlaufszeit, Tempus periodicum, *Tems periodique*. Die Zeit, binnen welcher ein Körper den Umlauf um einen andern, oder um den Mittelpunkt der Kräfte, einmal vollendet, s. **Centralbewegung** (Th. I. S. 479. S. 483.). Die Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne, und der Nebenplaneten um ihre Hauptplaneten

Digitized by Google

findet man in der dem Artikel Weltsyſtem beygefügten Tabelle.

Umſchattichte, Periſcii, *Periſcians*. Die Bewohner der kalten Zonen, welche jährlich eine gewiſſe Zeit lang einen beſtändigen Tag haben, während deſſen ihnen die Sonne gar nicht untergeht, ſ. Tag. So lange dieſer Tag dauret, durchläuft die Sonne aller 24 Stunden einen völlig ſichtbaren Tagkreis, ſo daß ſie nach und nach über alle Punkte des Horizonts zu ſtehen kömmt, und die Schatten der Körper ſich durch alle Weltgegenden drehen. Dieſer Umſtand hat die Benennung von dem griechiſchen περὶ (circum) und σκία (umbra) veranlaſſet. Die Bewohner der Pole ſelbſt ſind ein völliges Halbjahr, die Bewohner der Polarkreiſe nur einen Tag lang umſchatticht.

Unbiegſamkeit, Steife, Inflexibilitas, Rigiditas, *Inflexibilité*, *Roideur*. Die Unfähigkeit eines feſten Körpers ſich beugen zu laſſen, d. i. Kräften, die auf ſeine Theile wirken, ſo nachzugeben, daß dadurch eine Veränderung der Geſtalt nach der Länge entſteht. Unfähigkeit einer Veränderung der Geſtalt überhaupt heißt Härte (Th. II. S. 553.); der Name Unbiegſamkeit oder Steife iſt dem beſondern Falle eigen, da von Veränderung der Lage der Theile nach derjenigen Richtung die Rede iſt, welche der Sprachgebrauch die Länge des Körpers nennt, beſonders wenn Theile, die dieſer Richtung nach vorher in geraden Linien lagen, in krumme gebracht werden, oder die Körper gebogen werden ſollen, ſ. Biegſamkeit. Unbiegſamkeit iſt alſo nur ein beſonderer Fall oder eine Gattung der Härte.

Da wir keinen vollkommen harten Körper kennen, ſo findet ſich auch an keinem eine vollkommne oder abſolute Unbiegſamkeit. So wird zwar in der Mechanik der Hebel als eine unbiegſame Verbindung dreyer Punkte angenommen; der phyſiſche Hebel aber kan nie völlig unbiegſam ſeyn. Man muß ihn nur ſo ſtark machen, daß die Kräfte, die man wirklich an ihm anbringt, zu ſchwach ſind, ihn zu beugen. Alsdann iſt ſeine relative Unbiegſamkeit eine Fol-

Digitized by Google

ge des ſtarken Zuſammenhanges ſeiner vielen Theile, den die angebrachten Kräfte nicht zu trennen vermögen.

Im Gegentheil werden in der mechaniſchen Theorie Körper für völlig biegſam angenommen, die in der Ausübung einigen Grad von Steife haben, oder der Beugung einigen Widerſtand entgegenſetzen, z. B. die Seile, auf deren Steife man in der praktiſchen Mechanik Rückſicht nehmen muß, ſ. **Rolle** (Th. III. S. 730).

Undurchdringlichkeit, Impenetrabilitas, *Impenetrabilité*. Das allgemeine Phänomen der Körper, nach welchem ſie den Raum erfüllen, d. i. verhindern, daß da, wo ein gewiſſer Körper iſt, nicht zu gleicher Zeit noch ein anderer ſeyn kan. Jeder Körper erfordert zu ſeinem Daſeyn einen Raum, den er dergeſtalt ausſchließend einnimmt, daß kein anderer Körper in ebendenſelben Raum dringen kan, ohne jenen erſt daraus vertrieben zu haben. Dieſe Wahrnehmung iſt das, was wir mit dem Namen der **Undurchdringlichkeit** bezeichnen, und nothwendig mit unſerm Begriffe vom Körper überhaupt verbinden. Daher rechnen die Phyſiker die Undurchdringlichkeit zu den **weſentlichen Eigenſchaften** deſſen, was körperlich iſt, und erfordern zum Begriffe von körperlichem Stoffe, oder von der Materie, nebſt der Ausdehnung auch noch Undurchdringlichkeit, ſ. **Materie**.

In allen zuſammengeſetzten Körpern aber erfüllt die ihnen zugehörige Materie den Raum nicht **vollkommen**, ſondern läſt leere unausgefüllte Zwiſchenräume übrig, die zum Theil fremde Materien enthalten, zum Theil auch leer bleiben können, ſ. **Zwiſchenräume der Körper**, **Leere**, **zerſtreute**. Die Undurchdringlichkeit derjenigen Materie, die dem Körper ſelbſt zugehört, findet alſo nur in den wirklich erfüllten Stellen ſtatt. Nur ein **vollkommen dichter** Körper, ohne alle Zwiſchenräume, würde an allen Stellen undurchdringlich ſeyn. Bey einem ſolchen wäre Undurchdringlichkeit mit vollkommner Dichte einerley. Aus dieſem Grunde haben einige, beſonders franzöſiſche, Schriftſteller der Undurchdringlichkeit den Namen **Dichte** (*Den-*

Digitized by Google

fité, Solidité) gegeben. Da es aber unter den zusammengesetzten Körpern keine vollkommen dichten giebt, und man nur die Atomen für völlig dicht und an allen ihren Stellen undurchdringlich annehmen kan, so ist auch nur bey den Atomen Undurchdringlichkeit, Härte und Dichte einerley: bey zusammengesetzten Körpern hingegen bezeichnet der Name Dichte einen ganz andern Begrif, nemlich das Verhältniß der Masse zum Raume, s. **Dicht**. Mithin ist es unbequem und zweydeutig, Dichte für Undurchdringlichkeit überhaupt zu gebrauchen. **Musschenbroek** giebt der Undurchdringlichkeit den Namen Soliditas (Körperlichkeit).

Das Wort **Undurchdringlichkeit**, als allgemeines Phänomen der Materie, ist auch noch von **Impermeabilität**, einer relativen Erscheinung gewisser besondern Körper, wohl zu unterscheiden. **Durchdringlich** (penetrabilis) ist kein Theil der Materie, d. h. in dem Raume, den er erfüllt, kan kein anderer zugleich seyn; **permeabel** aber können allerdings die zusammengesetzten Körper für gewisse fremde Materien seyn, die sie durch ihre leeren Zwischenräume durchlassen, wie z. B. alle bekannte Körper für die Wärme, Leder für Queckſilber, Holz für Luft und Wasser u. dergl. **Impermeabilität** ist demnach die Eigenschaft gewisser Körper, einige andere Materien nicht durch ihre Zwischenräume zu lassen, so wie das Glas für die elektrische Materie, die undurchsichtigen Körper für das Licht impermeabel sind; wiewohl man sich oft verstattet, auch diese Eigenschaft, welche allem Ansehen nach von der Anziehung abhängt, Undurchdringlichkeit zu nennen.

Die vom atomistischen System abgehenden Weltweisen sprechen den ersten Theilen der Materie die Undurchdringlichkeit (oder das Materielle überhaupt) ab, s. **Materie**. Welche Meinung man auch hierüber annehmen mag, so ändert doch dies im sinnlichen Scheine nichts, und das Phänomen der Undurchdringlichkeit kömmt wieder zurück, so bald die Erscheinung der Materie entsteht. Selbst **Priestley's** aus bloßen Kräften und Wirkungskreisen bestehende Materie, welche dadurch veredlet seyn soll, daß man ihr die Solidität oder Undurchdringlichkeit benommen hat,

Digitized by Google

wird am Ende wieder undurchdringlich, weil sich doch keine Kräfte und Wirkungskreise auf bestimmte Stellen des Raums erstrecken können, ohne die vorigen Kräfte und Wirkungskreise aus denselben zu verdrängen, oder wenigstens in ihnen zu verändern.

Undurchsichtig, Opacum, *Opaque*. So heißt ein Körper, wenn er das Licht nicht durchläßt, oder wenn man andere Körper durch ihn nicht sehen kan, s. **Durchsichtig**.

Undurchsichtigkeit, Opacitas, *Opacité*. Die Eigenschaft der Körper, das Licht aufzuhalten, oder demselben keinen Durchgang zu verstatten. Die Ursache der Durchsichtigkeit und Undurchsichtigkeit der Körper ist sehr räthselhaft; ich verweise hierüber auf dasjenige, was bey den Worten **Durchsichtigkeit** (Th. I. S. 640.) und **Licht** (Th. II. S. 896. 898.) beygebracht ist.

Uniſonus, s. **Einklang**.

Univerſum, s. **Welt**.

Unſchattichte, Aſcii, *Aſciens*. Die Bewohner der heissen Zone zwischen den Wendekreisen, welchen jährlich an gewissen Tagen die Mittagssonne im Scheitelpunkte steht, daher alsdann die Schatten lothrecht stehender Körper auf den Grund fallen, den die Körper selbst bedecken, mithin gar keine Schatten sichtbar sind. Daher kommen die Benennungen, welche so viel als ohne Schatten bedeuten. Die Bewohner des Aequators selbst sind unschattichte an den beyden Tagen der Nachtgleichen; die Bewohner anderer Orte sind es an zween andern Tagen des Jahres, da die Abweichung der Sonne der geographischen Breite ihres Wohnorts gleich ist. Die übrige Zeit fallen die mittäglichen Schatten an allen diesen Orten theils nordwärts, theils südwärts, daher ihre Bewohner auch **Zweyſchattichte**, und beym **Varenius** (Geogr. gen. To. III. c. 27. prop. 3.) Aſcii-Amphiſcii heissen, s. **Zweyſchattichte**. Die Bewohner der Wendekreise sind blos am Mitta-

ge des einen Solstitialtages unschattichte; die übrige Zeit einschattichte, und heissen deswegen beym Varenius (prop. 2.) Ascii-Heteroscii.

Untergang der Gestirne, Occasus siderum, *Coucher des Astres.* Das Hinabgehen der Gestirne unter den Horizont des Beobachters. Man kan die Stunden des Untergangs eines jeden Gestirns für jeden Beobachtungsort auf eine mechanische Art mit Hülfe der künstlichen Himmelskugel finden, s. Himmelskugel, künstliche. Genauer berechnet man sie aus dem halben Tagbogen oder der halben Dauer der Sichtbarkeit, s. Ascensionaldifferenz, Tagbogen. Es ist alsdann

Zeit der Culmin. + ½ Dauer der Sichtb. = Stunde des Untergangs.

So findet sich für die Fixsterne die Stunde des Untergangs in Sternzeit, welche man nach den Anweisungen im Artikel Sonnenzeit, in Sonnenzeit verwandlen kan. Für die Planeten ist noch eine Berichtigung wegen ihrer eignen Bewegung vom nächstvorhergehenden Mittage an, nöthig: sie ist aber nicht beträchtlich, ausser beym Monde, für welchen man die ganze Rechnung noch einmal wiederholen, und dabey die Data so annehmen muß, wie sie für die durch die erste Rechnung gefundene Stunde des Untergangs gelten.

Für die Sonne ist die Stunde des Untergangs der halben Taglänge gleich, auch die Verwandlung der Zeit unnöthig, s. Ascensionaldifferenz.

Da die Stralenbrechung im Horizonte alle Gestirne etwa um 32½ Min. erhebt, so gehen sie alle etwas später unter, als die Rechnung angiebt, s. Stralenbrechung, astronomische.

Unter dem Aequator der Erde gehen alle Gestirne, und zwar senkrecht, unter den Polen der Erde gehen gar keine, in den zwischenliegenden Orten der Erde nur diejenigen unter, deren nördliche oder südliche Abweichung kleiner, als die Aequatorhöhe des Orts ist. So gehen bey uns die Ge-

Digitized by Google

ſtirne um den Nordpol, deren nördliche Abweichung 38½ Grad und drüber beträgt, gar nicht unter.

Untergang der Geſtirne nach dem Sinne der alten Dichter, Occaſus ſiderum poëticus, *Coucher des aſtres ſelon les anciens.* Bey den alten Dichtern und Schriftſtellern vom Landbau kömmt noch die Art vor, gewiſſe Tage des Jahres durch den Auf- und Untergang der Geſtirne zu bezeichnen, deren Veranlaſſung beym Worte **Aufgang der Geſtirne** (Th. I. S. 175.) erklärt worden iſt. Man hat hiebey mit dem Worte **Untergang** hauptſächlich dreyerley Dinge bezeichnet, das Verſchwinden eines Sterns in den Sonnenſtralen, ſeinen Untergang mit Aufgang der Sonne, und ſeinen Untergang mit Untergang der Sonne (occaſus heliacus, coſmicus, acronychos).

Das **Verſchwinden in den Sonnenſtralen**, Occaſus heliacus, *Coucher héliaque*, ereignet ſich an dem Tage, an welchem ein Stern, der bisher von der Sonne entfernt genug geſtanden hat, um durch ihren Glanz den Augen nicht entzogen zu werden, dem aber nun die Sonne allmählig näher kömmt, ſich zum letztenmale zeigt, und in der Abenddämmerung noch eine kurze Zeit ſichtbar iſt. Mit dieſem Tage, ſagt man, **gehe** er heliace **unter**. Am folgenden nemlich wird man ihn wegen der Nähe der Sonne ſchon gar nicht mehr ſehen können.

Da Sterne erſter Größe nicht ſichtbar werden, wenn bey ihrem Untergange die Sonne nicht über 10 Grad tief unter dem Horizonte iſt, ſo findet man die Zeit des Verſchwindens eines ſolchen Sterns in den Sonnenſtralen, wenn man den Stern in den Abendhorizont der künſtlichen Himmelskugel führt, und den Punkt der Ekliptik bemerkt, der alsdann 10° tief unter dem Abendhorizonte ſteht. Der Tag des Jahres, an welchem die Sonne dieſen Punkt der Ekliptik erreicht, iſt der Tag der Verbergung des Sterns unter den Sonnenſtralen. So findet man, daß ſich h. z. t. der Hundsſtern für die Polhöhe von Leipzig etwa den 27 April unter die Sonnenſtralen verbirgt. Für ältere Zeiten wäre eine andere Einrichtung der künſtlichen Himmelsku-

Digitized by Google

gel nöthig, in deren Ermanglung man sich an die Berechnung halten muß.

Der **Untergang eines Sterns mit Aufgang der Sonne**, Occasus cosmicus, *Coucher cosmique* wird gefunden, wenn man auf der künstlichen Himmelskugel den Punkt der Ekliptik sucht, der im Morgenhorizonte steht, wenn der Stern im Abendhorizonte ist. Der Tag, an welchem die Sonne diesen Punkt erreicht, ist der Tag des kosmischen Untergangs für den Stern. Für Leipzig geht jetzt der Hundsstern den 17 November kosmisch oder mit Sonnenaufgang unter.

Der **Untergang mit Untergang der Sonne**, Occasus acronychos, *Coucher acronyche* fällt für Sterne, welche nahe bey der Ekliptik stehen, etwa 12 — 15 Tage später, als das Verschwinden unter den Sonnenstralen. Man findet den Tag desselben, wenn man den Punkt der Ekliptik sucht, welcher mit dem Sterne zugleich in den Abendhorizont kömmt. Dieser Punkt ist dem, welcher dem kosmischen Untergange zugehört, gerade entgegengesetzt, und es sind daher die Tage des kosmischen und akronyktischen Untergangs ungefähr um ein halbes Jahr auseinander. So geht bey uns der Hundsstern um den 17 May akronyktisch oder mit der Sonne unter.

Zur Erklärung der Alten muß man hiebey auf die Polhöhen ihrer Beobachtungsorte und auf die ehemaligen Stellen der Fixsterne Rücksicht nehmen, wozu Herr Scheibel (Vollständ. Unterr. vom Gebrauch der künstlichen Himmels- und Erdkugel, Breslau, 2te Auflage, 1785. 8.) Anleitung giebt.

de la Lande astron. Handbuch, §. 205 u. f.
Kästner Anfangsgr. der angew. Math. Astron. §. 227.

Unterlage, s. Hypomochlium.

Uranium, Vranium. Erst im vorigen Jahre hat Herr Assessor **Klaproth** in Berlin, der als einer der grösten Chymiker unsers Vaterlandes längst bekannt ist, aus der Pechblende und dem grünen Glimmer, welchen Bergmann für ein salzsaures Kupfer hielt, ein neues bisher un-

Digitized by Google

bekanntes Metall abgeſchieden (ſ. Crells Chemiſche Annalen, 1790 I. B. S. 291). Er legte demſelben mit Anſpielung auf den in eben dieſem Jahrzehend entdeckten neuen Planeten (ſ. Uranus) den Namen des Uranits bey, den er nachher in Uranium abgeändert hat, weil die Endung des Worts Uranit mehr für Namen der Steinarten, als der Metalle, angenommen iſt. Mit der Salpeterſäure gab dieſes Metall ſehr ſchöne Kryſtallen von zeiſiggrüner Farbe in ſechsſeitigen Tafeln, wovon die gröſten ¾ Zoll lang und ¼ Zoll breit waren.

Uranus, Georgsgeſtirn, Georgenplanet, Herſchels Planet, Vranus, Georgium ſidus. *Vrane, Georgium ſidus, Planète de Herſchel.* Dieſe Namen hat man einem erſt ſeit zehn Jahren entdeckten Planeten beygelegt, der wegen ſeiner großen Entfernung von uns kaum anders, als durch Fernröhre, ſichtbar iſt.

Die wichtige Entdeckung dieſes Planeten machte Herr Friedrich Wilhelm Herſchel (geb. zu Hannover 1738, und im Jahr 1781 Muſikdirektor zu Bath in England) mit Hülfe der von ihm ſelbſt verfertigten vortreflichen Teleſkope, ſ. Spiegelteleſkop. Er war am 13 März 1781 des Abends mit Beobachtungen der Fixſterne beſchäftiget, als er durch ſein 7ſchuhiges newtoniſches Spiegelteleſkop im Thierkreiſe, zwiſchen den Hörnern des Stiers und den Füßen der Zwillinge, einen kleinen Stern gewahr ward, der ſich durch das 227mal vergrößernde Fernrohr als eine Scheibe von merklichem Durchmeſſer darſtellte. Er brachte hierauf eine 460 und eine 932malige Vergrößerung an, wodurch der Stern eine noch merklichere Scheibengeſtalt zeigte. Er beſtimmte nun durch ein Mikrometer die Stellung deſſelben gegen die benachbarten Sterne (Philoſ. Trans. for. 1781. Vol. LXXI. P. I.), und hatte nach zween Tagen das Vergnügen zu ſehen, daß der Stern gegen Morgen fortrückte, und ſich dadurch noch mehr von den Fixſternen auszeichnete. Auf den erſten Anblick hielt ihn zwar Herr Herſchel für einen Kometen; aber der gänzliche Mangel eines Nebels oder Schweifs, und ſein nach einigen Tagen entdeckter re-

Digitized by Google

gelmäßiger Lauf ließen ihn bald vermuthen, daß es ein bisher unbekannter Planet seyn möge. Am Tage nach der ersten Entdeckung, den 14 März, stand er gerade in Quadratur mit der Sonne, die ihm nun täglich näher kam. Er gieng zu dieser Zeit rechtläufig, und fast parallel mit der Ekliptik, in 24 Stunden nur um $\frac{3}{4}$ Min. fort; aber sein Lauf ward immer schneller, je näher ihm die Sonne kam, völlig so, wie es die Theorie der Planeten erfordert.

Als Herschel hievon der königl. Societät Nachricht gegeben hatte, fand auch D. Maskelyne diesen Stern am 17 März, und fieng vom 1 April an, die Beobachtungen desselben fortzusetzen. Er meldete die Entdeckung an Messier nach Paris, welcher seine Beobachtungen vom 16 April anfieng.

Im May kam die Nachricht hievon nach Deutschland an Herrn Bode; aber die lange Abenddämmerung hinderte hier schon den Stern zu sehen, ob er gleich von den Astronomen zu Mailand und Pisa noch im Monat May gefunden ward. Man konnte nun schließen, daß er den 19 Jun. zur Sonne kommen, und etwa im Julius in der Morgendämmerung wieder sichtbar werden müste.

In der That sahe man ihn zu Paris, wo die Morgendämmerung später, als bey uns, anbricht, schon am 18 Jul. wieder. Am 1 August fand ihn Herr Bode zu Berlin, und von nun an wurde er von mehrern Astronomen verschiedener Länder ununterbrochen beobachtet. Man sahe ihn am 25 Sept. wieder in Quadratur mit der Sonne kommen, und gleich darauf seinen Stillstand und Rückgang erfolgen, welcher immer schneller ward, und am 22 Dec. wo er der Sonne gegenüber stand, täglich $2\frac{1}{2}$ Min. betrug, wobey seine nördliche Breite immer zunahm.

Die englischen Astronomen hatten gleich nach der ersten Entdeckung dieses Sterns seine planetarische Beschaffenheit vermuthet; die französischen Beobachter hingegen hielten ihn anfänglich für einen Kometen. Durch fortgesetzte Beobachtungen seines Laufs kam man noch im Jahre 1781 zur allgemeinen Ueberzeugung, daß er ein Planet sey, der jenseits der Saturnsbahn in einer regelmäßig elliptischen Bahn

Digitized by Google

um die Sonne laufe, und uns beständig sichtbar bleiben werde. Man berechnete aus den Erscheinungen seines Fortgangs, daß er 18 bis 19 mal weiter von der Sonne abstehe, als die Erde, und also seinen Umlauf nach den keplerischen Regeln erst in 80 — 90 Jahren vollende.

Eine solche Entdeckung muste ihrem Urheber die ausgezeichnetste Ehre bringen, zumal da die Wahrnehmung der scheibenähnlichen Gestalt und eignen Bewegung dieses kleinen Sterns blos eine Folge der starken Vergrößerungen seiner selbst verfertigten vortreflichen Teleskope war. Auch beeiferte sich England, die Verdienste dieses Deutschen zu belohnen. Der König von Grosbritannien setzte Herrn **Herschel** einen jährlichen Gehalt von 300 Pfund Sterling, nebst freyer Wohnung zu Datchet bey Windsor, aus; die königliche Societät der Wissenschaften zu London nahm ihn zu ihrem Mitgliede auf, und erkannte ihm die Copleysche Medaille zu, welche jährlich zur Belohnung der wichtigsten Entdeckung ausgesetzt ist; auch ward ihm von der Universität Oxford die Doctorwürde ertheilt.

Der neuentdeckte Planet erscheint als ein Stern der sechsten Größe, kaum dem bloßen Auge sichtbar. Inzwischen hat ihn doch Herr Herschel mehrmalen bey heiterer Luft mit bloßen Augen gesehen (s. Philos. Trans. for 1783. Vol. LXXIII. P. I. no. 1). Herr **Bode** sahe ihn durch ein Nachtfernrohr von 9 Zoll Länge ohne Mühe, maß auch einigemal durch einen lambertischen Sternausmesser von 12 Zoll Länge seinen Abstand von benachbarten Fixsternen, und bemerkt, daß ihn einige seiner Freunde, wenn er ihnen den Ort genau anzeigte, bey recht heiterer Luft auch ohne Fernrohr fanden. Seine scheibenähnliche Gestalt wahrzunehmen, erfordert schon stärkere Vergrößerungen.

Hieraus und aus seinem äusserst langsamen Fortrücken wird es begreiflich, warum man ihn erst jetzt entdeckt hat. Zwar ist diese Frage, wie Herr **Lichtenberg** (Götting. Taschenbuch für 1783.) richtig bemerkt, nicht viel vernünftiger, als die von **Lelio's** Bedienten in **Lessings** Schatze, der gern wissen möchte, warum der Vater seines Herrn gerade heut wiederkömmt, und nicht ein Jahr früher oder spä-

Digitized by Google

ter, welches ihm viel begreiflicher gewesen wäre. Man hat sie aber doch aufgeworfen, um zweifelhaft zu machen, ob dieser Stern jederzeit am Himmel gestanden habe, und nicht vielmehr eine kometenähnliche blos periodische Erscheinung sey. Bey seiner Kleinheit aber kan man sich leicht vorstellen, daß ihn fleißige Beobachter oft können gesehen haben, ohne ihn für etwas mehr als einen teleskopischen Fixstern zu halten, dergleichen man am Himmel in zahlloser Menge wahrnimmt.

Herr Bode ward hiedurch veranlasset, in den Sternverzeichnissen nachzusuchen, ob nicht vielleicht bey den darinn bemerkten kleinen Sternen, Angaben vorkämen, die im Grunde auf den ehemaligen Stand des für einen Fixstern gehaltenen neuen Planeten passen möchten. Er verfiel zuerst auf den Stern 27 ♑ in Tychons Verzeichniße, von welchem schon Hevel 1650 bemerkt, daß er nicht mehr daselbst am Himmel befindlich sey. Es ließ sich aus der Geschwindigkeit des neuen Sterns vermuthen, daß derselbe um 1589, da Tycho diese Gegend beobachtete, hier müsse gestanden haben (s. Bode astron. Jahrbuch für 1784 und 1786.), daher dieser tychonische Stern vielleicht der gegenwärtige neue Planet seyn könnte. Aber diese Vermuthung hat sich nicht bestätiget.

Hingegen fand Herr Bode den 964sten Stern in Mayers Zodiakalverzeichniße (*Tob. Mayeri* Opp. ined. Vol. I. p. 72.), der beym Wasserguß des Wassermanns östlich vom Sterne φ stehen sollte, im August 1781 nicht am Himmel. Gerade in der dortigen Gegend aber muste der neue Planet um 1756 seinen Stand gehabt haben. Mayer hat auch im Verzeichniße angegeben, daß er die Stelle dieses Sterns nur nach einer einzigen Beobachtung bestimmt habe, und diese Beobachtung war, wie Herr Lichtenberg aus den mayerischen Manuscripten fand, am 25 Sept. 1756 gemacht. Wenn nun Herr Bode nach den damals bekannten Bestimmungen berechnete, wo der neue Planet am bemerkten Tage müsse gestanden haben, so fand er diese Stelle von der Stelle des mayerischen Sterns so wenig unterschieden, daß er sehr wahrscheinlich vermuthen konnte, es sey

Digitized by Google

dieſer Stern wirklich der neuaufgefundene Planet geweſen.

Seit dem Jahre 1784 vermuthete Herr **Bode** eben dieſes von **Flamſtead's** 34ſten Sterne im Stier zwiſchen dem Siebengeſtirn und den Hyaden, von der 6ten Größe, den er ebenfalls am Himmel nicht finden konnte. Damals waren die Elemente der Bahn des neuen Sterns ſchon von mehrern Aſtronomen, beſonders Herrn **Mechain**, etwas beſtimmter angegeben, und dieſe gaben ihm für das Ende des Jahres 1690 eben diejenige Stelle, welche **Flamſtead** dem angeführten Sterne des Stiers zuſchreibt. Da nun Flamſtead's Beobachtung (ſ. Hiſt. coeleſtis Britann. To. II. p. 86.) am 13 Dec. alten oder 23 Dec. neuen Styls 1690 gemacht iſt, ſo war nicht zu zweifeln, daß auch dieſer vermeinte Fixſtern kein anderer, als der neue Planet, geweſen ſey.

Die franzöſiſchen Aſtronomen fanden auch Flamſtead's Angabe mit den fortgeſetzten neuern Beobachtungen übereinſtimmend; und ihre gegen die Wahrnehmung des mayeriſchen Sterns geäuſſerten Zweifel zerſtreuten ſich völlig, als Herr **Lichtenberg** im Jahre 1789 die vollſtändigen Angaben der mayeriſchen Manuſcripte an Herrn **de la Lande** überſendet hatte. Um eben dieſe Zeit ward auch bekannt, daß le **Monnier** den neuen Planeten bereits in den Jahren 1763 und 1769 geſehen, und gleichfalls für einen Fixſtern gehalten hatte. Hieraus iſt alſo klar, daß dieſer Stern zwar ſchon von **Flamſtead** 1690, **Mayer** 1756, und le **Monnier** 1763 und 1769 geſehen, aber von **Herſchel** 1781 zuerſt als Planet entdeckt worden iſt.

Herr **Bode** hat für dieſen neuentdeckten Weltkörper den ſehr ſchicklichen Namen des Vaters vom Saturn und Atlas, **Uranus**, vorgeſchlagen, den auch die berliner Akademie der Wiſſenſchaften, nebſt den meiſten Aſtronomen, bereits angenommen hat. Herr **Herſchel** (Philoſ. Trans. Vol. LXXIII. p. 1.) ſchlägt die Benennung Georgium ſidus vor, ſo wie Marius und Galilei die von ihnen entdeckten Jupiterstrabanten Sidera Brandeburgica und Medicaea nannten, wiewohl ſich Benennungen dieſer Art nicht

Digitized by Google

leicht erhalten. Der Name Herſchels Planet, deſſen ſich die franzöſiſchen Schriftſteller bedienen, weil er in den Memoires für 1779 (welche 1782 erſchienen) gebraucht worden iſt, war freylich der erſte, der ſich in der Eil darbot. Herr Lichtenberg ſchlug im Scherz den Namen der aus der Welt entflohenen Aſträa; Poinſinet de Sivry den der Cybele oder Cybelle, Proſperin den des Neptunus vor.

Die erſten Ueberſchläge über die muthmaßliche wahre Bahn des Uranus machten die Herren Bode, Lexell (Recherche ſur la nouvelle planète, decouverte par Mr. *Herſchel.* à St. Petersb. 1784. 4.) Hennert (in Bode aſtron. Jahrb. für 1786. S. 223.), Mechain (ebend. S. 231 u. f.). Hiebey leiſten die Angaben von Flamſtead, Mayer und le Monnier die Dienſte älterer Beobachtungen. Daraus hat nun neuerlich Herr de Lambre (ſ. Götting. Anzeig. 1789. 199 Stück, ingl. Gothaiſche gelehrte Zeit. 1789. Beyl. zum 101 St.) Elemente der Bahn der Uranus, jedoch ohne Rückſicht auf die Perturbationen durch Jupiter und Saturn, berechnet, welche von Herrn de la Lande nach Göttingen und von da aus an Herrn von Zach überſendet wurden, nach deſſen ausführlicher Berechnung ſie für alle Oppoſitionen des Uranus mit der Sonne von 1781 bis 1788 ſehr gut zutreffen, und nicht über 27 Sec., für die von 1789 aber um 55½ Sec. abweichen, woraus Herr von Zach ſchließt, daß ſie unter den bisherigen die genauſten ſind, aber wegen der Störungen durch Jupiter und Saturn bald einer neuen Verbeſſerung bedürfen möchten.

Dieſen Entdeckungen zufolge iſt Uranus, von der Sonne aus gerechnet, der ſiebente und äuſſerſte Planet, deſſen Bahn alle übrigen umſchließt. Die Bahn ſelbſt iſt, wie alle Planetenbahnen, elliptiſch und ihre Ebne macht mit der Ebne der Erdbahn einen Winkel von 46′ 16″.

Ihre Eccentricität ſcheint nur gering zu ſeyn. De Lambre ſetzt ſie nur 0,0466837 der halben großen Axe, daß ſich alſo der gröſte Abſtand des Uranus von der Sonne zum kleinſten faſt, wie 105 zu 95, oder wie 21 zu 19 verhalten würde. Im mittlern Abſtande iſt dieſer Planet von der

Sonne 19,18362 mal weiter, als die Erde, entfernt. Man kan also seine Bahn ohne großen Fehler als einen Kreis ansehen, dessen Halbmesser 19 mal größer ist, als der Halbmesser der Erdbahn.

Diese Bahn durchläuft der Planet in 30589 Tagen, 8 St. 19 Min. oder in ohngefähr 83 Jahren 273½ Tagen so, daß er im Durchschnitt genommen, jährlich 4° 17′ 55″ und täglich 42″ 24‴ seines Kreises zurücklegt. Nimmt man hiezu die Größe dieses Kreises, so läst sich der Raum, den er in einer Zeitsecunde durchläuft, über 1½ Stunden Weges setzen.

Seinen scheinbaren Durchmesser schätzt Herschel (Philos. Trans. Vol. LXXVIII. P. II. no. 22.) nicht viel größer oder kleiner, als 4″, welche Bestimmung wohl zuverläßiger ist, als die von Mayer in Mannheim, der ihn zwischen 9 und 11 Sec. angab, oder die von den mietauischen Astronomen, die ihn 6 — 7 Sec. setzen. Herschel nimmt dabey seinen Abstand von der Sonne mit de la Lande 18,913 mal größer an, als den Halbmesser der Erdbahn, daß also Uranus in derjenigen Entfernung, in welcher sich die Erde von der Sonne befindet, 4″×18,913 = 75″,6 groß im Durchmesser erscheinen würde. In eben dieser Weite erscheint der Durchmesser der Sonne 31′ 57″ d. i. über 25 mal größer. Daraus findet er den Uranus im Durchmesser über 25 mal kleiner, als die Sonne, mithin etwa 4½ mal (genauer 4,31769 mal) größer, als die Erde, so daß er an körperlicher Größe unsere Erde etwa 88 mal übertreffen würde. Die neuern Angaben von Herrn de Lambre (wo der Abstand fast 19,2 ist) würden etwas mehr geben; aber die Bestimmung des scheinbaren Durchmessers ist zu schwankend. Die Beobachtungen desselben von der Erde aus geben ihn in der Opposition größer, als er aus der Sonne gesehen, oder in den mittlern Abständen ist. Mit Rücksicht hierauf giebt Herr Bode seinen Durchmesser nur 4,215 mal und seinen Inhalt 75 mal größer, als Durchmesser und Inhalt der Erde. Lexell, der den Uranus mit dem nahe stehenden Mars verglichen hatte, dessen Durchmesser damals nur 5 Sec. betrug, fand jenen doch noch viel kleiner, und schätzt

Digitized by Google

seinen Durchmesser nur 3 Sec. Herr Bode (Astr. Jahrbuch für 1786) glaubt, man könne den Uranus einstweilen 80 mal größer, als die Erde, annehmen.

Seine Umdrehung um eine Axe läst sich vermuthen, wiewohl wir von ihr so wenig, als von der Gravitation anderer Körper gegen ihn, und also von seiner Masse und Dichte, aus Beobachtungen etwas wissen können. Inzwischen schätzt Herr Herschel, unter der Voraussetzung, daß die Dichte = $\frac{1}{4}$ der Dichte der Erde sey, die Masse des Uranus 17,740612 mal größer, als die Masse der Erde, und den Fallraum der Körper auf seiner Oberfläche in 1 Sec. Zeit setzt er 18 Fuß, 8 Zoll.

Theilt man den mittlern Abstand der Erde von der Sonne (etwa 12000 Erddurchmesser) in 1000 Theile, so ist Uranus (nach de Lambre) in der Sonnennähe um 18288, und in der Sonnenferne um 20080 solcher Theile von der Sonne entfernt. Sein kleinster Abstand von uns, wenn er der Sonne entgegengesetzt, zugleich in der Sonnennähe, die Erde aber in der Sonnenferne ist, beträgt 18288 — 1017 = 17271 solche Theile. Sein gröster Abstand hingegen, wenn er bey der Sonne gesehen wird, und in der Sonnenferne, die Erde aber auch in der Sonnenferne ist, macht 20080 + 1017 = 21097 solche Theile aus. So verhält sich sein kleinster Abstand von uns zum gröstem fast, wie 17 : 21, daher doch sein scheinbarer Durchmesser veränderlich seyn muß.

Sein mittlerer Abstand macht 19184 Theile, oder 230214 Erddurchmesser aus.

Zu der Entdeckung dieses Planeten hat Herr Herschel vermittelst seines 20schuhigen Teleskops die noch unerwartetere hinzugefügt, daß derselbe von zween Trabanten oder Monden begleitet wird, von denen der erste seinen synodischen Umlauf um ihn in $8\frac{3}{4}$ Tagen, der zweyte in $13\frac{1}{2}$ Tagen zu vollenden scheint. Ihre Bahnen machen einen beträchtlichen Winkel mit der Ekliptik. Diese Monden sahe Herr Herschel zuerst am 11 Jänner 1787. Am 7 Febr. verfolgte er den einen von 8 Uhr Abends bis 8 Uhr Morgens, sahe ihn 9 Stunden lang seinen Hauptplaneten getreu

Digitized by Google

begleiten und einen Theil ſeiner Bahn beſchreiben, am 15 Febr. fand er ſich ſchon im Stande, die Nachricht hievon mit der angegebnen Beſtimmung der Umlaufszeiten der königlichen Societät zu London mitzutheilen (ſ. Philoſ. Trans. for 1788. Vol. LXXVIII, P. II. n. 22). Den ſcheinbaren gröſten Abſtand vom Uranus giebt er für den erſten auf 33′, für den zweyten auf 44′, 23 an; und ſchätzt dieſe Körper nicht viel kleiner, als die Begleiter des Jupiters.

Durch dieſe wichtigen Wahrnehmungen ſind die vorher bekannten Grenzen des Planetenſyſtems bis auf das Doppelte erweitert worden, und man hat Weltkörper kennen gelernt, deren Bewohner die Sonne, die ihnen Licht und Wärme giebt, im Durchmeſſer faſt 19 mal kleiner, als wir, oder höchſtens 1 Min. 43 Sec. groß ſehen, und von ihr eine 357 mal ſchwächere Erleuchtung, als wir, erhalten. Die Erde erſcheint aus dieſen Weltkörpern nur eine Secunde groß, entfernt ſich nie über 3 Grad von der Sonne, und ihr Daſeyn iſt dort, wie das Daſeyn von Mars, Venus und Merkur, allem Anſehen nach, gänzlich unbekannt. Dennoch muß die Sonne noch im Stande ſeyn, dieſen ſo ſehr entfernten Planeten und ſeine Monden hinlänglich zu erwärmen — ein Beweiß, daß die Stärke der Erwärmung wohl mehr von der Beſchaffenheit der Oberflächen und des Stoffes, als von der Entfernung, abhängen möge. Herr Bode hat ſeiner Abhandlung von dieſem Planeten ſehr ſchicklich das Motto vorgeſetzt: „Wo nur Bahnen möglich waren, da rollen Weltkörper, und wo nur Weſen ſich glücklich fühlen konnten, da wallen Weſen.“

J. E. Bode von dem neuentdeckten Planeten. Berlin, 1784. 8.

Urſachen, phyſiſche, ſ. Phänomene.

Urſprüngliche Berge, ſ. Berge.

Urſprüngliche Elektricität, ſ. Elektricität.

Urſprünglicher Magnetismus, ſ. Magnet.

Digitized by Google

V.

Vacuum, ſ. Leere.

Vacuum, leidner, ſ. Leidner Vacuum.

Vacuum, tragbares, ſ. Luftpumpe (Th. III. S. 84).

Variation der Magnetnadel, ſ. Abweichung der Magnetnadel.

Variation des Monds, ſ. Perturbationen (Th. III. S. 443).

Vegetabilien, ſ. Pflanzen.

Vegetabiliſch-ſaure Luft, ſ. Gas, eſſigſaures (Th. II. S. 383).

Ventilator, Ventilator, *Ventilateur*. Dieſen Namen gab D. Hales (Treatiſe on ventilators. Lond. 1743. 2. edit. 1758. II. Vol. 8. Deſcription du ventilateur de M. *Hales*, trad. de l'anglois par *Demours*. Paris, 1744. 8. auszugsweiſe im hamburgiſchen Magazin, II. B. S. 25.) einer von ihm erfundenen Maſchine, durch welche man aus eingeſchloßnen Räumen, z. B. Krankenzimmern, Hoſpitälern, auf Schiffen u. dergl. die verdorbene Luft hinwegſchaffen, und durch friſche Luft erſetzen kan.

D. Hales kam auf dieſe nützliche Erfindung im Jahre 1741 durch den Gedanken, daß der gröſte Theil der Schiffskrankheiten von der zwiſchen den Verdecken eingeſchloßnen, durch Athmen und Ausdünſtung verdorbnen Luft, herrühre. Er las die Beſchreibung ſeiner Maſchine in einer Verſammlung der königlichen Societät im May 1741. Im November eben deſſelben Jahres meldete der königl. ſchwediſche Ingenieurcapitain Martin Triewald dem Präſidenten der Societät zu London, Mortimer, daß er ebenfalls eine Maſchine zu Erneurung der Luft auf den Schiffen erfunden habe, welche in einer Stunde 36172 Cubikſchuh Luft auspumpe. Dieſer Maſchine bediente man ſich mit ſehr gutem Erfolg auf den Schiffen der ſchwediſchen Flotte und in Frankreich, wohin Triewald ein Modell derſelben geſchickt hatte. Beyde Erfindungen ſind einander ſehr ähn-

Digitized by Google

lich; es wird daher genug seyn, die des D. Hales, als die ältere, zu beschreiben.

Der Ventilator des Hales besteht aus zweyen hölzernen Kasten oder Parallelepipedis, deren jedes in der Mitte durch eine um ein Charnier bewegliche hölzerne Klappe (Diaphragma) getheilt ist. Diese Klappen sind an einer Seitenfläche des Kastens durch das Charnier befestiget, und stehen von den übrigen Seiten ringsum um $\frac{1}{10}$ Zoll ab. Sie sind durch eiserne Stangen an einen Hebel so befestiget, daß man durch Hin- und Herbewegen der Hebelstange, wie bey dem doppelten Druckwerke, abwechselnd eine Klappe um die andere erheben und wieder niederdrücken kan. An den Grundflächen jedes Kastens befinden sich vier Ventile. Zwey derselben öfnen sich nach innen, zwey nach aussen. Jeder Kasten ist an der Stelle, wo sich die auslassenden Ventile befinden, mit einem vorliegenden kleinern Kasten oder Parallelepipedum verbunden, in welches man bewegliche Röhren einsetzen kan, um durch selbige die Luft dahin zu leiten, wo man deren nöthig hat.

Man sieht leicht, daß man es durch diese Maschine in seiner Gewalt hat, ihrer verschiedenen Stellung gemäß entweder die verdorbne Luft auszupumpen, oder frische Luft einzubringen. Im ersten Falle muß der Ventilator so stehen, daß seine einsaugenden Ventile mit dem Zimmer verbunden sind, das Ende der Röhre aber hinaus in die freye Luft geht. In dieser Stellung, welche D. Hales für die vortheilhafteste hält, konnte man mit einem doppelten Kasten (von 10 Fuß Länge, 3 — 4 Zoll Breite und 13 Zoll Höhe) in einer Stunde auf 25000 Tonnen Luft auspumpen, und die frische Luft gieng dagegen so unvermerkt ein, daß weder die Kranken, noch die Schlafenden im Zimmer davon einige Unbequemlichkeit empfanden. Doch bemerkt der Erfinder, wenn man recht reine Luft auf den Schiffen haben wolle, so müsse der Ventilator fast immer in Bewegung erhalten werden. Um frische Luft einzublasen, müste die Maschine ausserhalb des Zimmers stehen, und die Leitröhre ins Zimmer geführt werden, wobey aber der entstehende Wind unbequem fallen würde. D. Hales sagt in seinem Werke

noch viel lehrreiches über die Mittel, die Gesundheit auf den Schiffen zu erhalten, und giebt den Rath, von seinem Ventilator Anwendungen auf Reinigung der Luft in Kohlenschächten, Kornböden, Pulvermagazinen u. dergl. zu Troknung des Getraides und Schießpulvers, ingleichen zu Einblasung von Dämpfen, welche die Würmer und Insekten tödten u. s. w. zu machen.

Da inzwischen diese Maschine viel Raum einnimmt, und zu ihrer Bewegung eine beständige Arbeit erfordert, so ist ihr Gebrauch auf den Schiffen nicht so allgemein geworden, und man bedient sich zu Erneurung der Luft lieber des durchs Küchenfeuer bewirkten Luftzugs, der durch ein mit dem Aschenheerde verbundenes und in mehrere Zweige verbreitetes Zugrohr an die Orte, wo er nöthig ist, geführt wird. Dieses von Sutton vorgeschlagne Mittel hat D. Mead (Philos. Trans. for 1741. num. 462. p. 42.) zuerst bekannt gemacht.

Cavallo (Abhandl. über die Natur und Eigenschaften der Luft, a. d. engl. Leipz. 1783. gr. 8. S. 175 u. f.) führt aus einer englischen Schrift unter dem Titel: Practical Treatise on Chimneys, über die beste Art, ein Zimmer mit frischer Luft zu versehen, und die verdorbne hinaus zu schaffen, folgende gute Bemerkungen an.

„Man kan aus einer Oefnung in oder nahe bey der „Decke des Zimmers eine kleine Röhre entweder bis an die „Spitze des Gebäudes hinaufführen, oder ihr sonst eine „Verbindung mit der äussern Luft geben. So bald das „Feuer einige Theile der Luft im Zimmer erwärmt hat, dehnen sich diese sogleich aus und steigen in die Höhe — andere nach und nach erwärmte und verdünnte Theile drücken alsdann nach, und treiben die leichtesten Theile durch „die Oefnung in der Decke hinaus; dadurch wird die verdorbene Luft nach und nach hinweggeschafft, ohne daß sie „wieder in die niedrigern Gegenden herab kommen kan.

„Um aber frische Luft ins Zimmer zu bringen, mache „man noch eine andere Oefnung in der Decke, und verbinde „dieselbe mit einer engen Röhre, welche auf die äussere Seite „der Mauer, oder in einen andern schicklichen Theil des

„Gebäudes geführt, hier aber umgebogen und niederwärts „bis an den Erdboden geleitet wird. Hierdurch wird die „kalte und dichte äuſſere Luft nahe am Erdboden in die un„tere Oefnung der Röhre getrieben, und ſteigt in eben dem „Maaße ins Zimmer auf, in welchem die wärmere Luft „durch jenes Zugrohr in die höhern Gegenden entweicht. „Dieſe ſchwerere Luft ſinkt, ſo bald ſie das Zimmer erreicht, „durch ihr Gewicht gegen den Boden herab, vermiſcht ſich „während des Falls nach und nach mit der wärmern, und „wird dadurch ſo gleichförmig durch das Zimmer vertheilt, daß „ſie die Lichter und Perſonen nur unmerklich erreicht, ohne „die Unbequemlichkeiten zu verurſachen, denen man ſich bey „den gewöhnlichen Wegen, friſche Luft einzulaſſen, unter„werfen muß. Wäre die Zugröhre näher am Boden des „Zimmers angebracht, ſo würde die Luft in einem ſtarken „und ununterbrochnen Zuge gegen das Feuer zugehen, ſie „würde die Schenkel und untern Theile des Körpers der „im Zimmer befindlichen Perſonen treffen und eine unan„genehme und ſchädliche Erkältung veranlaſſen. Auf die „beſchriebene Art aber kan man den Zimmern mit geringen „Koſten eine gleichförmige und mäßige Wärme geben, oh„ne auf einer Seite die Geſundheit ihrer Bewohner durch „das Einathmen einer ſtagnirenden und faulen Luft in Ge„fahr zu ſetzen, oder auf der andern ihnen Erkältungen und „rhevmatiſche Zufälle zuzuziehen. — In wärmern Län„dern, oder im Sommer, wo nicht geheizt wird, läſt ſich „gegen den gewöhnlichen Radventilator im Fenſter nichts „einwenden. Seine Einrichtung iſt ſehr einfach, und er iſt „ein ſicheres und wirkſames Mittel, die Luft der Zimmer „in dieſer Jahrszeit angenehm und geſund zu erhalten.“

Eine von Herrn de l'Isle de St. Martin (Journal de phyſique, Septemb. 1788. ſ. auch Magazin für das Neuſte aus der Phyſik und Naturgeſ. VI. Band. 1 Stück, S. 81.) angegebne Einrichtung eines Ventilators verdient wegen ihrer Simplicität noch eine beſondere Anführung. Taf. XXV. Fig. 60. iſt VT die verticale Röhre, durch welche die Luft ausfährt; ABCD die Mündung dieſer Röhre; ABLP der untere, NMQ der obere Hut; R ein Ka-

ſten, in dem ſich die untere Oefnung der Röhre VT befindet, mit Oefnungen SS verſehen, die durch Schieber nach Gefallen bald mehr, bald weniger, können geöfnet werden. Die Größe der Maſchine richtet ſich ganz allein nach dem Durchmeſſer der Oefnung ABCD. Iſt dieſer feſtgeſetzt, ſo wird die Form des untern Huts dadurch beſtimmt, daß man BF = BL = $1\frac{1}{2}$ AB; FL = AB nimmt. Zur Bildung des obern Huts nimmt man auf dem verlängerten Durchmeſſer AB, BM = $1\frac{1}{4}$ AB; und BN = AB auf BM ſenkrecht. Dieſer obere Hut wird durch vier Streben, wie MO, an den untern befeſtiget. Wenn ſich der Kaſten R im Zimmer befindet, und die Röhre VT mit den beyden Hüten in die freye Luft hinausgeht, ſo wird dadurch ein beſtändiges Ausſtrömen der Luft aus dem Zimmer durch die Röhre VT bewirkt.

Die wärmere und leichtere Luft des Zimmers nemlich ſteigt durch VT auf, ſchlägt gegen N an, und wird durch die Form der Hüte ſo abgeleitet, daß daraus ein Luftzug zwiſchen beyden Hüten entſteht. Durch dieſen Luftzug wird nach der Erklärung des Erfinders der Druck der Atmoſphäre auf die Oefnung ABCD in etwas geſchwächt, welches macht, daß das Ausſtrömen der elaſtiſchern Luft des Zimmers ununterbrochen fortdauert. Man kan ſich durch die Erfahrung hievon überzeugen, wenn man die Schieber S verſchließt, in die Seite Z ein ofnes Rohr einſetzt, und an deſſen Ende eine Lichtflamme hält. Denn, wenn man alsdann durch Blaſen einen Luftzug zwiſchen beyden Hüten bewirkt, ſo wird die Flamme ſogleich in die Oefnung der Röhre hineingetrieben, welches ein deutlicher Beweiß des Einſtrömens der Luft iſt.

Der Herr Herausgeber des Gothaiſchen Magazins bemerkt, dieſe Erfindung, den Druck der Atmoſphäre durch einen Luftzug in etwas abzuhalten, ſey nicht neu, und man kenne ſchon lange das Mittel, das Queckſilber im Barometer dadurch ſinken zu machen, daß man das Gefäß mit Queckſilber, worinn die gefüllte Röhre ſteht, in ein anderes Gefäß einſchließe, und durch letzteres einen ſtarken Luftſtoß leite.

Digitized by Google

Beſchreibung der nützlichen Maſchine des Hrn. Stephan Hales in hamburg. Magazin II. B. S. 25 u. f.

Tib. Cavallo Abhandl. über die Natur und Eigenſch. der Luft a. d. engl. Leipz. 1783. gr. 8. S. 175 u. f.

Magazin für das Neuſte aus der Phyſ. u. Naturgeſchichte, fortgeſetzt von Voigt. VI. Band, 1ſtes Stück. Gotha, 1789. 8. S. 81 u. f.

Venus, Venus, *Venus*. Dieſen Namen führt der hellſte und glänzendſte unter denjenigen ſechs Sternen, welche ihren Stand unter den Fixſternen täglich ändern, ſ. **Planeten**. Die Venus hat überhaupt unter allen Sternen am Himmel das vortreflichſte Licht, das aber doch bey aller ſeiner Lebhaftigkeit nicht funkelnd oder zitternd, wie das Licht der Fixſterne, gefunden wird. Sie entfernt ſich niemals über 48 Grad von der Sonne, geht daher entweder des Morgens vor der aufgehenden Sonne her, oder folgt der untergehenden des Abends nach, und führt dieſer verſchiedenen Stellung gemäß die Namen des **Morgenſterns** oder **Abendſterns**. Dieſe Beſchaffenheit ihres ſcheinbaren Laufs ſoll **Pythagoras** entdeckt haben (Præveniens quippe Solem, & ante matutinum exoriens, *Luciferi* nomen accipit, ut Sol alter, diem maturans: contra ab occaſu refulgens nuncupatur *Veſper*, ut prorogans lucem, vicemque Lunae reddens. Quam naturam eius Pythagoras Samius primus deprehendit, Olympiade circiter XLII, qui fuit urbis Romæ annus CXLII. *Plin.* H. N. II. 8.). **Tournefort** (Voyage au Levant, ed. Lyon. 1717. To. II. lettr. 10.) nimmt dies bey Gelegenheit einer ſamiſchen Münze dafür an, als ob Pythagoras die Venus ſelbſt zuerſt entdeckt habe. Es iſt aber von der Identität des Morgen- und Abendſterns zu verſtehen; und ſchon dieſe war für aufmerkſame Beobachter des Himmels eine äuſſerſt leichte Entdeckung, die gewiß lange vor den Zeiten des Pythagoras gemacht iſt.

Wenn Venus in ihrer gröſten Elongation auf der Abendſeite der Sonne ſteht, und als Morgenſtern am längſten ſichtbar iſt, ſo geht ſie alsdann rechtläufig zur Sonne zurück, und kömmt hierauf mit ihr in die obere Conjun-

ction. Um diese Zeit ist ihr Lauf am schnellsten: sie setzt nun denselben auf der Morgenseite der Sonne, als Abendstern, mit abnehmender Geschwindigkeit so lang fort, bis sie hier wiederum die gröste Elongation erreicht. In dieser steht sie eine kurze Zeit still, wird dann rückläufig, und kehrt mit immer wachsender Geschwindigkeit zur untern Conjunction mit der Sonne zurück. Zu dieser Zeit sieht man sie bisweilen als einen schwarzen Flecken, vom Morgen gegen Abend, vor der Sonnenscheibe vorüber gehen, s. Durchgänge. Sie tritt alsdann wieder auf die Abendseite der Sonne, wird Morgenstern, und entfernt sich mit abnehmender Geschwindigkeit immer weiter, bis sie endlich in der gröstten Elongation wieder still steht, und aufs neue rechtläufig wird. Einen solchen Umlauf vollendet sie dem Scheine nach in 584 Tagen, als eine beständige Begleiterin der Sonne.

Schon die alten Astronomen haben hieraus richtig geschlossen, daß Venus beständig um die Sonne umlaufe. Nach den Entdeckungen der neuern Sternkunde gehört Venus zu den untern Planeten, welche der Sonne näher, als die Erde, sind, und deren Bahnen von der Erdbahn umschloßen werden. Sie ist, von der Sonne aus gerechnet, der zweyte Planet. Ihre Bahn um die Sonne ist elliptisch, und die Ebne derselben macht mit der Ebne der Erdbahn einen Winkel von 3° 23′ 20″.

Die Eccentricität der Venusbahn ist sehr gering, indem sich ihr gröster Abstand von der Sonne zum kleinsten, nur etwa, wie 73 zu 72, verhält. Ihr mittlerer Abstand beträgt $\frac{7}{10}$ (genauer 0,72333) des Abstands der Erde, so daß man ihre Bahn mit einem Kreise vergleichen kan, dessen Halbmesser $\frac{7}{10}$ vom Halbmesser der Erde ausmacht.

Diese Bahn durchläuft Venus in 224 Tagen, 16 St. 49 Min. 13 Sec. und legt daher, im Durchschnitte genommen, täglich 1° 36′ 7″ 48‴ ihres Kreises zurück — eine Geschwindigkeit, die bey der Größe dieses Kreises fast 9 Stunden Weges in einer Zeitsecunde austrägt.

Man bemerkt durch große Fernröhre auf der Venus Flecken, aus deren Bewegung sich eine Umdrehung um die

Axe schließen läst. Cassini, welcher im Jahre 1666 diese Flecken zuerst wahrnahm, schloß daraus die Umdrehungszeit der Venus = 24 Stunden; Bianchini hingegen (Hesperi et Phosphori nova phaenomena. Romae, 1728. fol. Cap. V. p. 50.), der diese Flecken durch ungemein lange Fernröhre sorgfältig beobachtet hatte, setzt eben diese Zeit auf 24 Tage. Der jüngere Cassini (Elemens d' astr. L. I. c. 7.) sucht seines Vaters Behauptung gegen Bianchini zu vertheidigen. Die petersburgische Akademie der Wissenschaften hat auf Bestimmung dieser Umdrehungszeit aus Beobachtungen zweymal einen Preiß gesetzt, aber keine Abhandlungen darüber erhalten. Sonst waren die Flecken der Venus nur durch die äusserst langen Fernröhre mit Objectivgläsern von Campani, und blos in Italien, gesehen worden; es schien eine besondere Heiterkeit der Luft dazu nöthig. Dieses, und daß Venus immer nur kurze Zeit nach Untergang und vor Aufgang der Sonne, nie sehr hoch über dem Horizonte, sichtbar ist, erklärt den bisherigen Mangel an entscheidenden Beobachtungen. Inzwischen sind die Astronomen mehr geneigt, des Cassini Bestimmung anzunehmen: die berliner Sammlung astronomischer Tafeln giebt die Zeit der Umwälzung für die Venus 23 St. 20 Min. an. Hoffentlich werden die neuen Verbesserungen der optischen Werkzeuge mehr Gewißheit hierüber verschaffen.

Da Venus innerhalb der Erdbahn um die Sonne läuft, so muß sie ihre gegen die Sonne gekehrte Helfte bald ganz, bald nur zum Theil, gegen uns kehren, bald ganz von uns abwenden. Ist sie also ein dunkler Körper, so muß sie bisweilen mit vollem Lichte, bisweilen nur zum Theil erleuchtet (oval oder sichelförmig) scheinen, bisweilen ganz dunkel aussehen. Dieses Ab- und Zunehmen der Venus ist schon durch mittelmäßige Fernröhre sichtbar, s. Phasen.

Der scheinbare Durchmesser der Venus ist bey ihrer verschiedenen Entfernung von uns sehr veränderlich. Bey ihren Durchgängen durch die Sonnenscheibe, wo sie der Erde am nächsten stand, hat man ihn größer, als 1 Minute,

in der gröſten Entfernung aber, wenn ſie hinter der Sonne in vollem Lichte erſcheint, nur 9 Sec. gefunden. In den gröſten Elongationen von der Sonne, wo ſie weniger, als zur Helfte erleuchtet erſcheint, beträgt ihr Durchmeſſer 39 Sec. Nach de la Lande würde er aus derjenigen Entfernung betrachtet, in welcher ſich die Erde von der Sonne befindet, 16, 52 Sec. groß erſcheinen. In eben dieſer Weite aber erſcheint der Sonnendurchmeſſer 31′ 57″ d. i. 116 mal größer. Man kan hieraus ſchlieſſen, daß Venus im Durchmeſſer 116 mal kleiner, als die Sonne ſey, oder daß ſie an Größe faſt der Erdkugel gleich komme, die im Durchmeſſer nur 111 mal kleiner iſt, als die Sonne. De la Lande ſetzt der Venus Durchmeſſer = $\frac{7}{12}$ des Erddurchmeſſers.

Die Gravitation anderer Körper gegen dieſen Planeten iſt aus den Störungen, die ihr Einfluß in dem Laufe anderer Planeten verurſacht, nicht ſicher zu ſchlieſſen. Herr de la Lande, welcher annimmt, daß ſich die Dichtigkeiten der Weltkörper, wie die Quadratwurzeln ihrer mittlern Bewegungen um die Sonne, verhalten, ſetzt dem gemäß die Dichte der Venus = 1, 275, wenn die Dichtigkeit der Erde = 1 iſt. Hieraus, mit dem körperlichen Raume zuſammengenommen, folgt ihre Maſſe = 1, 1256 der Maſſe der Erde, und der Fallraum der Körper auf der Venus Oberfläche = 18$\frac{1}{2}$ Fuß in einer Secunde.

Theilt man den mittlern Abſtand der Sonne von der Erde (12000 Erddurchmeſſer) in 1000 Theile, ſo ſteht Venus in der Sonnenferne um 728, in der Sonnennähe um 713 ſolcher Theile von der Sonne ab. Ihr kleinſter Abſtand von uns, wenn ſie in der untern Conjunction und Sonnenferne, die Erde aber in der Sonnennähe iſt, macht 983 — 728 = 255 Theile; der gröſte, wenn ſie in der obern Conjunction und Sonnenferne, die Erde aber auch in der Sonnenferne iſt, 1017 + 728 = 1745 Theile aus. Beyde verhalten ſich faſt, wie 1 zu 7, daher auch der Venus ſcheinbarer Durchmeſſer in der untern Conjunction faſt ſiebenmal gröſſer iſt, als in der obern.

Ihr geringster Abstand von uns beträgt 3060, der gröste 20940 Erddurchmesser.

Daß die Oberfläche dieses Planeten ungleich sey, beweisen die schon erwähnten Flecken, welche Cassini, Bianchini u. a. auf ihr wahrgenommen haben. De la Hire (Mém. de l'acad. des sc. 1700.) hat durch ein Fernrohr, das 90 mal vergrößerte, Ungleichheiten auf ihr gesehen, die er größer, als die Mondberge, angiebt. Herr Oberamtmann Schröter (s. Götting. gelehrte Anzeigen 1790. IIItes Stück) fand am 28 Dec. 1789 durch sein Herschelisches Teleskop, bey 161facher Vergrößerung der Venus südliches Horn stumpf, mit einem davon getrennten Lichtpunkte. Auch um die Mitte zeigte sich einige Ungleichheit an der Lichtgrenze. Also schien es Schatten zu seyn, über den eine erleuchtete Bergspitze hervorragte. Den 31 Jan. 1790 war diese Erscheinung noch da; sonst fanden sich immer beyde Hörner spitzig. Da die Beobachtung gerade in die Quadratur der Venus fiel, so ließ sich die Höhe des Berges nach der beym Worte Mondflecken (Th. III. S. 284.) gezeigten Methode schätzen. Der Durchmesser der Venus war 27 Sec., des Lichtpunkts Abstand von der Lichtgrenze 1, 35 Sec., also $= \frac{1}{10}$ des Halbmessers, woraus sich nach gehöriger Berechnung die Höhe des Berges $= \frac{1}{200}$ des Halbmessers der Venus findet. Nimmt man nun diesen Halbmesser = 834 geographische Meilen, so ist die gefundene Höhe des Berges = 4, 17 Meilen, mithin auf 6mal größer, als die Höhe der Mondberge. Auch scheint gerade, wie beym Monde, die südliche Halbkugel die unebenste zu seyn.

Von einem vermeinten Trabanten der Venus s. den Art. Nebenplaneten (Th. III. S. 339).

Die Astronomen bezeichnen diesen Planeten mit ♀.

Bode kurzgef. Erläut. der Sternkunde. Berlin. 1778. 8. an mehrern Stellen.

Kästner Anfangsgr. der Astronomie. Dritte Aufl. Götting. 1781, 8. §. 192. u. f.

Vera's hydraulische Maschine, Funicularmaschine, Machina hydraulica funicularis, *Machine hydraulique de M. Vera.* Herr Vera in Frankreich (de la Fond nennt ihn *M. Verat, employé dans le service de la poste*) erfand gegen das Jahr 1780 eine neue Art, Wasser vermittelst eines Seils ohne Ende in großer Menge und mit geringen Kosten auf eine beträchtliche Höhe zu erheben. Er legte der Akademie der Wissenschaften zu Paris ein Modell seiner Maschine vor, über welches die zu dessen Untersuchung ernannten Commissarien einen für diese Erfindung sehr vortheilhaften Bericht erstattet haben.

Diese Maschine besteht aus einem Seile ohne Ende a b, Taf. XXV. Fig. 61, das um zwo unbewegliche gleichgroße Rollen A und B gezogen ist, welche in einerley Verticalfläche übereinander stehen. Die untere Rolle steht in dem Wasserbehälter R, aus dem das Wasser gehoben werden soll; die obere befindet sich an dem Orte, bis auf welchen man es haben will. An der Axe der obern Rolle A befindet sich noch eine Rolle oder ein Würtel von kleinerm Durchmesser, welcher in der Figur vom Gestell verdeckt wird. Um diesen Würtel und um die Peripherie des großen Rades T, welches an einer besondern Axe steckt, läuft noch eine Schnur ohne Ende so, daß durch Umdrehung des Rads mit einer Kurbel u. dergl. zugleich alle Rollen umgedreht werden, wodurch das Seil a b in eine schnelle Bewegung versetzt wird. Der aufsteigende Theil dieses Seils nimmt nun allezeit eine gewisse Menge Wasser mit sich, deren horizontale Durchschnitte Cirkelringe bilden, welche um das Seil herumgehen, und deren Breite vom Durchmesser des Seils und von der Geschwindigkeit der Bewegung abhängt.

Die obere Rolle A ist in ein Behältniß C eingeschlossen, das im Boden zwo Oefnungen hat, durch welche das Seil hindurchgeht: das Wasser schlägt gegen den gewölbten Deckel dieses Behältnißes an, und wird von da aus durch die Röhre D in das Gefäß E geleitet.

Um die Ursache der Erhebung des Wassers zu übersehen, muß man sich das rauhe Seil, als eine Reihe von Büscheln vorstellen, an die sich zuerst eine Wasserschicht an-

Digitized by Google

legt, welcher nachher allmählich mehrere Wasserfäden oder Wasserringe durch die Adhäsion nachfolgen, s. Adhäsion. Diese Wasserringe bilden nun, indem sie sich von Schicht zu Schicht vereinigen, eine concentrische das Seil umringende Wasserschale, der das Seil zum Kerne dient, und welche durch die dem letztern mitgetheilte aufsteigende Bewegung erhoben wird. Eben das würde erfolgen, wenn man anstatt des Seils eine eiserne Kette gebrauchte: alsdann würde sich das Wasser in die Oefnungen der Ringe oder Glieder dieser Kette hineinsetzen, und mit denselben aufsteigen.

Um mehr Wasser zu heben, hat man vorgeschlagen, statt eines Seils mehrere zu gebrauchen; auch hat die Erfahrung, wenigstens in Modellen, gelehrt, daß durch Verdoppelung des Seils fast doppelt so viel Wasser gehoben wird. Zu diesem Endzwecke bekommen die Rollen A und B auf ihrem äussern Umfange doppelte Einschnitte oder Rinnen, in welche zwey von einander unabhängige Seile ohne Ende eingelegt sind, die mit einander parallel laufen, und nicht viel weiter, als um die Größe ihres Durchmessers, auseinander stehen. In diesem Falle erhebt sich eine ganze Wassersäule zwischen den beyden parallelen Seilen. Aber die Seile noch mehr zu vervielfältigen, möchte im Großen wegen des Gewichts der Wassersäulen kaum rathsam seyn. Ein Strick von 21 Lin. im Umfange hob in $7\frac{3}{4}$ Minuten 250 Pinten Wasser auf eine Höhe von 63 Fuß. Der Erfinder giebt den Stricken aus Geniſt (Spartium *Linn.*) den Vorzug, weil sie sich länger, als andere, im Wasser erhalten, ohne zu faulen.

Die königliche Societät der Wissenschaften zu Göttingen setzte den Preis für 1788 auf die Entwicklung der Theorie und vortheilhaftesten Einrichtung dieser Maschine (s. Götting. Anzeigen. Jahrg. 1786. 196stes Stück S. 1970.); sie erhielt aber nur eine einzige, dem Zwecke nicht ganz entsprechende Abhandlung (Jahrg. 1788. S. 2041.). Dabey werden Experimentalunterſuchungen erwähnt, welche Deparcieux (in *Bertholet* Mechanique appliquée aux arts et aux manufact. à Paris, 1782. II. Vol. 4.) hierüber angestellt, und dadurch seiner Meinung nach erwiesen habe, daß

dieſe Maſchine weniger wirkſam ſey, als alle bisher bekannte, und ſelbſt als die Eimermaſchine am gewöhnlichen Ziehbrunnen. Eine Verbeſſerung dieſer Maſchine von Landriani wird im Gothaiſ. Mag. (II. B. 2 St. S. 69.) beſchrieben.

Der dieſer Erfindung beygelegte Name der Funicularmaſchine bezeichnet ſonſt in der Mechanik Varignon's einfache Seilmaſchine, ſ. Potenzen.

Von einer neuen der vorigen ſehr ähnlichen, hydrauliſchen Maſchine von D. Venel, wo nicht ſo viel Seile nöthig ſind, die auch nicht leicht Schaden und Aufenthalt leidet, ſehr einfach iſt, und das Waſſer 80 Schuh und höher hebt, ſ. Hiſt. et Mém. de la Soc. des Sc. phyſ. de Lauſanne. To. II. 1784—1786. 4.

Sigaud de la Fond Supplément au Dict. de phyſique. Paris, 1782. 8. Art. *Pompes.* p. 463. ſv.

Lichtenberg, Magazin für das Neuſte aus der Phyſik und Naturgeſch. I. B. 3 St. S. 95 u. f.

Verbrennung, das Verbrennen, Combuſtio, *Combuſtion.* Dieſen Namen führt die Zerſetzung der Körper durchs Feuer, beym Zutritte der reinen oder atmoſphäriſchen Luft, ſ. Feuer. Es iſt eine der gemeinſten Erſcheinungen, Körper, die man an Lichtflammen und Kohlenfeuer bringt, oder ſonſt hinlänglichen Graden der Hitze ausſetzt, an freyer Luft glühen und in eine Flamme ausbrechen zu ſehen, wodurch ihre vorige Zuſammenſetzung zerſtört, ein großer Theil ihrer Subſtanz in Dämpfen aufgetrieben, und der Rückſtand in Aſche verwandlet wird, ſ. Flamme, Rauch, Aſche. Man ſagt alsdann, daß die Körper brennen, oder verbrennen. Dies findet jedoch nur bey Körpern ſtatt, welche dieſe einmal angefangene Operation aus ſich ſelbſt, auch ohne weitere Mittheilung äuſſerer Wärme, unterhalten können, und daher verbrennliche, entzündliche, brennbare Körper (corpora inflammabilia, combuſtibilia) heiſſen; wiewohl die Anzahl der Körper, welche dieſes Vermögen beſitzen, ſehr groß iſt. Man hat daher angenommen, es befinde ſich in ſolchen Körpern ein eigner brennbarer Grundſtof (principium inflammabilita-

Digitized by Google

tis), ſ. **Phlogiſton**. Unter dieſer Vorausſetzung kan man ſagen, die Verbrennung ſey die Entbindung des Phlogiſtons aus den Körpern, durch die Wirkung des Feuers oder des Stoffes der Wärme.

Zum erſten Anfange des Verbrennens oder zur **Entzündung** wird allerdings irgend eine Veranlaſſung erfordert. Dieſe beſteht allezeit in der Mittheilung einer hinlänglichen Hitze, es mag nun dieſelbe von auſſen her kommen, oder durch Reiben erregt werden, oder auch durch innere Bewegungen z. B. durch Gährung und Fäulniß gewiſſer Stoffe u. dergl. entſpringen, ſ. **Selbſtentzündungen**. Iſt aber der Anfang einmal gemacht, und der Zutritt freyer Luft vorhanden, ſo dauert alsdann die Verbrennung von ſelbſt bis zur gänzlichen Zerſtörung des Körpers fort, und es entbindet ſich dabey durch Glühen und Flamme eine ungemeine Menge von Wärmeſtof, welche alle berührende oder benachbarte verbrennliche Körper mit entzündet, ſo daß aus dem kleinſten Funken der verderblichſte Brand entſtehen kan.

Körper, welche das Brennbare in Menge und in öligter Geſtalt enthalten, z. B. Holz und andere trockne Subſtanzen des Pflanzenreichs, Harze, Oele, Fette u. dergl. brennen leicht, mit einer glänzenden und mit Rauch und Ruß begleiteten Flamme. Andere, die zwar viel Phlogiſton, aber nicht in öligter Geſtalt, bey ſich haben, oder in denen daſſelbe nicht feſt gebunden iſt, brennen zwar auch leicht, aber ohne Rauch und Ruß, wie z. B. der Weingeiſt, Schwefel, Phosphorus, die Kohlen und einige metalliſche Stoffe, insbeſondere der Zink. Diejenigen endlich, welche nur wenig oder ein mit ihren unverbrennlichen Beſtandtheilen feſt verbundenes Phlogiſton beſitzen, wie gewiſſe thieriſche Kohlen, das Lampenſchwarz, die Pflanzenaſche u. dergl. verbrennen ſchwer, ohne merkliche Flamme und mit einem bloßen Glühen.

Ein Hauptgeſetz bey der Verbrennung iſt dieſes, daß ſie nie ohne den Beytritt der Luft erfolgt, daß ſie deſto ſchneller und vollkommner geſchieht, je reiner die Luft iſt, und je unmittelbarer dieſelbe den verbrennlichen Körper berührt,

Digitized by Google

und daß der reinere Theil der Luft auf die Verbrennung verwendet, oder durch dieselbe verzehrt wird. Man findet dieses Gesetz durch alle Versuche bestätiget, welche mit brennenden Kerzen oder brennendem Phosphorus, Schwefel u. dergl. unter gläsernen Glocken im pneumatisch-chymischen Apparate angestellt werden, und bey den Worten Gas, phlogistisirtes (Th. II. S. 404 u. f.), Phosphorus (Th. III. S. 483.), Schwefel (Th. III. S. 877.) angeführt sind. Diese zeigen unwidersprechlich, daß die Verbrennung der Körper der atmosphärischen Luft ihren reinern Theil (s. Gas, dephlogistisirtes) entziehe und den übrigen Theil in Gestalt des sogenannten phlogistisirten Gas zurück lasse, daß die Verbrennung unter Glocken aufhöre, wenn der reinere Theil der darunter befindlichen Luft erschöpft ist, und daß daher zu jeder Verbrennung eine gewisse verhältnißmäßige Menge dephlogistisirter oder reiner Lebensluft erfordert werde. Dies bestätiget sich noch mehr dadurch, weil die durch Kunst bereitete reine Luft, welche von dem unreinen Theile der atmosphärischen ganz frey ist, die Verbrennung in einem erstaunlich hohen Grade befördert, s. Gas, dephlogistisirtes (Th. II. S. 376).

Aus diesem Grunde brennen flüßige Stoffe, selbst die entzündlichsten, z. B. Weingeist und ätherische Oele, nur auf der Oberfläche, mit der sie die Luft unmittelbar berühren. Hingegen brennen die in Dampf verwandelten entzündlichen Körper, welche in dieser Gestalt von allen Seiten mit Luft umgeben sind, schnell und augenblicklich hinweg. Und eben dies ist die Ursache, warum gewisse sehr brennbare Körper, z. B. fette Oele, Talg u. s. w. nicht eher brennen, als bis sie (durch Hülfe des Dachts) zur Verdampfung erhitzt werden, weil sonst ihre zähe dickflüßige Beschaffenheit den Zutritt der Luft zu den in Brand zu setzenden Theilen abhält, und die Flamme erstickt.

Es folgt auch hieraus, daß man zu Begünstigung der Verbrennung so viel Theile des Körpers, als nur immer möglich ist, der Luft aussetzen, und die den Körper berührende Luft von Zeit zu Zeit erneuern muß, worauf sich die Wirkung der Gebläse und Zugöfen gründet.

Digitized by Google

Die Veränderung der Luft durchs Verbrennen, nebst den dabey vorkommenden auffallenden Erscheinungen, ist erst seit Priestley's Untersuchungen über die Gasarten der Gegenstand einer allgemeinen und vorzüglichen Aufmerksamkeit geworden. Da man sonst die Luft nur als ein Mittel ansahe, das die wässerichten Theile der Flamme auflöse und fortführe, oder durch seinen mechanischen Druck die Theile der Flamme selbst zusammenhalte; so lernte man jetzt in ihr ein zur Verbrennung wesentliches chymisches Zwischenmittel kennen, das bey dieser Operation selbst zersetzt wird, und dessen Bestandtheile dabey in andere Verbindungen treten. Hieraus sind nun verschiedene neuere Erklärungsarten der Verbrennung entstanden, unter denen sich vorzüglich die Theorien der Herren Scheele, Lavoisier, Crawford und de Lüc auszeichnen, s. Feuer, Phlogiston. In den gegenwärtigen Artikel gehört von diesen Theorien nur dasjenige, was dabey die Verbrennung ganz eigentlich angeht.

Nach Scheele (Chemische Abhandlung über Luft und Feuer. Neue Ausgabe. Leipz. 1782. 8. §. 76.) erfolgt die Verbrennung, indem das Phlogiston des brennbaren Körpers in eine solche Bewegung gesetzt wird, daß es die in der Atmosphäre befindliche reinere Luft (Scheelens Feuerluft) anzieht, und sich mit selbiger zu einer Materie vereiniget, welche man die Hitze nennt. Diese Hitze, wenn sie sich mit noch mehrerem Brennbaren aus dem Körper verbindet, erzeugt hiedurch umherstralende Hitze, und endlich Licht. Alle diese hervorgebrachten Substanzen können die Gefäße durchdringen und verfliegen. So werden also nach und nach alle brennbare Theile des Körpers mit Feuerluft zu Hitze verbunden und zerstreut. Der Rückstand der atmosphärischen Luft, in welcher die Verbrennung geschehen ist, erscheint theils als phlogistisirte Luft, theils als Luftsäure. Erstere war von Natur in der atmosphärischen Luft befindlich, die letztere wird aus den verbrannten Stoffen, vornehmlich des Pflanzenreichs, als ein Bestandtheil derselben, eben so entbunden, wie bey Verbrennung des Schwefels und Phosphorus die Schwefel- und Phosphorsäure entbun-

Digitized by Google

den werden. Es ist hiebey nicht leicht zu begreifen, wie aus der Feuerluft und dem Phlogiston, welche für sich allein keine Gefäße durchdringen, die umherstralende und durch die Gefäße dringende Hitze entstehen soll; auch bemerkt man beym Verbrennen in verschloßnen Gefäßen keinen Verlust am Gewichte des Ganzen, der sich doch zeigen müste, wenn die Feuerluft mit dem Phlogiston durch die Wände der Gefäße entwiche. Endlich ist nicht wahrscheinlich, daß Licht und Hitze aus einerley Bestandtheilen zusammengesetzt seyn sollten.

Lavoisier (Mém. sur la combustion en general in Mém. de l'acad. de Paris, 1777. p. 592. deutsch in Crells neusten Entdeck. Th. V. S. 188.), der das Phlogiston gänzlich aus der Chymie entfernen will, sucht den Grund der Verbrennung einzig und allein in der reinen Luft, die er aus dem Stoffe der Wärme und einem eignen Grundstoffe der Säure (*Principe oxygène*) zusammensetzt. Der Wärmestof ist dabey das Auflösungsmittel, welches das Oxygen in sich hält und durch dasselbe gemildert wird. So bald nun ein hinlänglich erhitzter Körper die Luft berührt, so zersetzt er ihre Mischung, bemächtiget sich des sauren Grundstofs, und erzeugt mit demselben eine eigne seiner Natur gemäße Säure, z. B. die Kohle Luftsäure, der Schwefel Schwefelsäure u. s. w. Der freygewordene Wärmestof der Luft hingegen ergreift und verflüchtigt alle durch ihn auflösliche Substanzen, und zeigt sich durch Hitze und Licht, als Flamme. Was man diesem antiphlogistischen System, so einfach es zu seyn scheint, entgegensetzen könne, habe ich bey den Worten **Feuer** und **Phlogiston** kürzlich angeführt*).

*) Seit der Zeit, in der ich jene Artikel schrieb, hat sich dieses System in Frankreich ungemein verbreitet, und selbst in England und Deutschland mehr Anhänger gefunden. Da es von der Zusammensetzung vieler Stoffe ganz neue, den bisherigen entgegengesetzte, Begriffe annimmt, so hat man es zugleich mit einer neuen Nomenclatur verbunden, durch welche die ganze bisher gewöhnliche Sprache der Chymie umgeschaffen wird. So heißt der Grundstof der Säuren Oxy-

Digitized by Google

D. Crawford's Theorie von Wärme und Feuer ist nach der ersten Ausgabe seines Buchs vom J. 1779, beym Worte Feuer (Th. II. S. 218 u. f.) vorgetragen. Was die Verbrennung angeht, findet sich dort S. 222. Es werden nemlich Feuer und Phlogiston, als entgegengesetzte Stoffe betrachtet, die einander wechselsweise austreiben. Freyes Feuer wirkt auf die entzündlichen Körper selbst, als Auflösungsmittel. Die reine Luft enthält eine große Menge Feuer in sich, das sie fahren läst, indem sie sich mit dem aus dem brennenden Körper entwickelten Phlogiston verbindet. So bald also brennbare Körper bis auf einen gewissen Grad erhitzet, oder von freyem Feuer durchdrungen sind, so wird ihr Phlogiston entbunden und von der Luft angezo-

genium (*Oxygène*), der Wärmestof Calorieum (*Calorique*), der Stof der brennbaren Luft *Hydrogène*, der der phlogistisirten *Azote*, die Metallkalke Oxyda (*Oxides*), die Verkalkung Oxydatio. Die Neutral- und Mittelsalze bekommen Namen, die von ihren Säuren entlehnt und in as, und is (*ate, ite*) geendigt sind, wie Sulfas potassae (vitriolisirter Weinstein) Nitras potassae (prismatischer Salpeter), Phosphis potassae, Sulfas ferri (Eisenvitriol) u. s. w. Diese Sprachrevolution ist doch ein wenig gewaltsam, und für den Liebhaber der Chymie desto beschwerlicher, da die neuen barbarischen Kunstwörter jedes an Eleganz der alten Sprachen und Reinigkeit der Etymologie gewöhnte Ohr beleidigen. Inzwischen wird es nun fast nothwendig, diese Sprache zu studiren. Die Annales de Chimie, welche die Herren de Morveau, Lavoisier, Monge, Berthelet, Fourcroy ꝛc. zu Paris seit 1789 herausgeben, beobachten durchgängig diese neue Nomenclatur mit sichtbarer Anstrengung, wie dies auch die genannten Chymiker in ihren übrigen Schriften thun. Sehr verdienstlich ist es von Herrn D. Gren, daß er in seinem allgemein nützlichen Journale der Physik aus diesen Schriften Auszüge in der gewöhnlichen alten Sprache mittheilt. Ein kleines alphabetisches Verzeichniß der neuen Namen findet man im Journal de physique Sept. 1787. p. 210, und aus demselben in Herrn Göttlings Taschenbuche für Scheidekünstler, für 1790. S. 147 u. f. Ein weitläuftigeres mit lateinischen und französischen Namen in der Table des matieres pour les LXV. premiers Vol. du Journal de Medicine. Paris, 1788. 4maj. p. 81. sqq.

Digitized by Google

gen, die dagegen ihr Feuer hergiebt, und dadurch die Auflösung der Körper unterhält und verbreitet. Da auch die Körper nicht alle aus der Luft entbundene Wärme in sich saugen können, so entsteht aus dem Ueberschusse derselben die heftige Hitze und das Licht, welches wir beym Verbrennen gewahr werden.

Seitdem hat Herr **Crawford** in einer neuen Ausgabe seines Buchs (Exp. and observ. on animal Heat and the Inflammation of combustible bodies, the 2d edit. London, 1788. 8. übers. durch Veranstaltung Hrn. **Crells**. Leipzig, 1789. 8.) viele Zusätze und Abänderungen seiner Versuche bekannt gemacht, wodurch er jedoch die ihm gemachten Einwürfe nicht sattsam abgelehnt, vielmehr seine, an sich sehr sinnreiche, Theorie neuen Einwendungen ausgesetzt zu haben scheint.

Er läugnet, daß die Bindung der freyen Wärme in Körpern, welche viel Capacität gegen das Feuer (viel specifische oder comparative Wärme) besitzen, in einer wahren **chymischen Vereinigung** mit denselben bestehe. Er drückt den Satz, daß die Capacitäten der Körper gegen die Wärme durch die Verbindung mit Phlogiston vermindert und durch den Verlust des Brennstofs vermehrt werden (vermuthlich um den Gegnern des Phlogistons gefällig zu seyn) nunmehr so aus:

> Die comparativen Quantitäten der Wärme in Körpern, von welchen man voraussetzt, daß sie Phlogiston enthalten, wachsen durch die Veränderungen, welche diese Körper beym Verkalken und Verbrennen erleiden.

Da auch seit der ersten Ausgabe des Werks die so berühmte Wassererzeugung aus brennbarer und dephlogistisirter Luft bekannt geworden ist, so nimmt Herr C. nunmehr an, daß Oel, Wachs, Talg und die meisten entzündlichen Substanzen eine doppelte Art von brennbarer Luft enthalten, wovon die eine dem leichtern entzündlichen Gas der Metalle, die andere dem schwerern ähnlich sey, das man durch trokne Destillation aus den Pflanzen erhält. Jene

Digitized by Google

erzeuge bey der Verbrennung durch ihre Verbindung mit reiner Luft Wasser, diese hingegen fixe Luft. Endlich weichen auch die Resultate der Versuche, so wie sie in dieser neuen Auflage angegeben werden, zum Theil sehr weit von den ehemaligen Angaben ab. So wird z. B. das Verhältniß der comparativen Wärmen des Wassers und der atmosphärischen Luft, wie 1 : 1,796, gesetzt, da es in der ersten Ausgabe, wie 1 : 18,673, angegeben war. Diese Verschiedenheit ist doch zu auffallend, und kan kein günstiges Vorurtheil für die gebrauchten Methoden der Untersuchung erwecken.

Herr D. Gren (Prüfung der neuern Theorien über Feuer, Wärme ꝛc. im Journ. der Physik, J. 1790. I. B. I. Heft S. 3 u. f. II. Heft S. 189 u. f.) hat von den Einwürfen, die sich dem Crawfordischen System in dieser neuen Gestalt entgegensetzen lassen, eine schöne und deutliche Uebersicht gegegeben. Zuerst ist es wohl ein bloßer Wortstreit, wenn die chymische Vereinigung des Wärmestofs mit den Körpern bestritten, dabey aber doch angenommen wird, daß beyde in eine solche Verbindung treten, die den Wärmestof seiner charakteristischen Wirkungen im freyen Zustande beraubt. Dies ist doch eben das, was man sonst unter Bindung oder chymischer Vereinigung versteht, und bleibt immer dasselbe, wenn es gleich unter dem Namen einer größern Capacität, oder mehrern specifischen Wärme versteckt wird. Ferner hält es Herr Gren für unerwiesen, daß Licht und Wärme von einerley Stof herrühren, und die mit Licht begleitete Hitze blos in einer Anhäufung des Wärmestofs bestehe. Hauptsächlich tadlet er drittens, daß C. bey seinen zur Bestimmung der comparativen Wärmen angestellten Versuchen oft Körper vermischt, welche sich auflösen, und durch Einwirkung auf einander Wärme oder Kälte hervorbringen, wie dies z. B. bey der Vermischung von Wasser und Mehl geschieht, welche empfindbare Wärme hervorbringt. In solchen Fällen werden die Veränderungen der Temperatur nicht durch die Vertheilung der mitgetheilten Wärme allein, sondern zugleich durch die neuentbundene Wärme bewirkt, welches die Resultate fehlerhaft macht.

Digitized by Google

Ueberdies sind, wie auch Herr de Luc tadlet (s. Feuer, Th. II. S. 227.), die Capacitäten der Körper nicht durch Vergleichung ihres Volumens, sondern ihres Gewichts, bestimmt; und bey der Reduction auf die Räume schwinden die großen Vorstellungen von der Menge der in der Luft enthaltenen absoluten Wärme ungemein zusammen. Wenn z. B. ein Pfund reine Luft $4\frac{3}{4}$ mal mehr absolute Wärme hat, als 1 Pfund Wasser, so hat 1 Cubikzoll solcher Luft wenigstens 168 mal weniger, als 1 Cubikzoll Wasser. Die Veränderungen der Temperaturen, aus welchen die comparativen Wärmen der Luftarten berechnet sind, betragen nicht über $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{200}$ des fahrenheitischen Grades, mithin so ungemein wenig, daß dabey Irrthümer fast unvermeidlich sind. Der Hauptsatz, daß die Capacität der Körper in dem Maaße wachse, wie sie dephlogistisirt werden, ist durch allzuwenig Erfahrungen bestätiget. Die Metalle haben zwar eine geringere Capacität, als ihre Kalke; dagegen aber haben Holz und Kohlen nach Herrn C. eignen Versuchen mehr Capacität, als die Holzasche; das Blut der Pulsadern (das doch viel Brennstof hat) mehr, als das Wasser, und die brennbare Luft, die doch das Phlogiston selbst seyn soll, mehr als die meisten andern Körper.

Gegen Crawford's Erklärung des Verbrennens wendet Herr Gren ein, daß den Versuchen gemäß beym Verbrennen nur dann fixe Luft zum Vorschein komme, wenn der saure Stof derselben schon vorher in den Körpeen vorhanden gewesen sey, wie z. B. bey der Kohle und den organisirten Körpern, aus denen man auch durch andere Zersetzungen Luftsäure erhalten kan; daß die Wassererzeugung aus dephlogistisirter Luft noch nicht erwiesen und die Verschiedenheit des Phlogistons, wovon die eine Art fixe Luft, die andere Wasserdampf erzeugen soll, unwahrscheinlich sey; daß bey andern schnellen Phlogistisirungen der Luft, z. B. durchs Athemholen, durch Salpeterluft u. s. w. kein Feuer oder keine mit Licht begleitete Wärme entstehe, woraus er schließt, daß man die Quelle des Feuers nicht mit Crawford in der respirabeln Luft, sondern in dem entzündlichen Körper selbst, zu suchen habe.

Digitized by Google

Herrn de Lüc Theorie des Feuers ist an einer andern Stelle (Th. II. S. 225.) umständlicher vorgetragen worden. Ich bemerke hier nur, daß dieser Gelehrte die Wärme bey der Verbrennung als Wirkung des unzersetzten Feuers, das Leuchten als Wirkung des zersetzten betrachtet. Er nimmt zweyerley Arten des Verbrennens an. Bey der ersten, wobey die dephlogistisirte Luft nicht zerstört wird, kömmt die Wärme blos von dem im brennbaren Körper enthaltenen Feuer her, und es geht an die Stelle der verwendeten reinen Luft nur dasjenige über, was sonst in die Zusammensetzung der brennbaren Luft kömmt, und vielleicht das Phlogiston ist. Dieses bildet fixe Luft. Auf diese Art geschieht das Verbrennen der Kohle. Eine zweyte Art der Verbrennung aber entsteht, wenn so viel Wärme vorhanden ist, daß das aus dem Körper entbundene in Gestalt der brennbaren Luft, bis zum 650sten fahrenheitischen Grade (*chaleur brûlante*) erhitzt, die reine Luft erreicht. In diesem Falle entzünden und zersetzen sich beyde Luftarten bey ihrer Berührung. Sie verwandlen sich in einen mit freyem Feuer überladnen Wasserdampf, oder die Flamme, deren große Hitze von der Menge des plötzlich befreyten Feuers, und ihr Licht von der Zersetzung eines Theils desselben herrührt. So brennen der Phosphorus, der Dacht der Argandischen Lampe u. dergl. mit weit größerer Hitze, die nicht aus dem entzündlichen Körper allein, sondern zugleich aus der Luft herkömmt. Die gemeinen Flammenfeuer halten das Mittel zwischen beyden Arten, und jede Verbrennung ist desto vollkommner, je mehr sie sich der der zweyten Art nähert.

Herr D. Gren sieht das Phlogiston als eine aus Licht und Wärmestof zusammengesetzte Substanz an, die mit den verbrennlichen Körpern chymisch vereiniget ist, und für welche die reine oder respirable Luft ein Auflösungsmittel abgiebt. Durch hinlängliche Erhitzung wird der Zusammenhang des Phlogistons mit den übrigen Bestandtheilen des Körpers geschwächt, und es erfolgt eine Auflösung desselben in der reinen Luft. Da diese mit Zersetzung begleitet ist, so zeigen sich beyde Bestandtheile des Phlogistons, Licht

Digitized by Google

und Wärme. Die reine Luft bindet sie zum Theil wieder zu Phlogiston, und wird dadurch selbst phlogistisirt. Ist das Brennbare in einem Körper so wenig gebunden, daß es die Luft auch ohne äussere Erhitzung frey machen kan, so geht es unzersetzt, d. i. ohne Feuer zu bilden, in die Luft über, und phlogistisirt sie, wie beym Athmen der Thiere, der Phlogistisirung durch Salpeterluft, dem Verwittern der Schwefelleber, dem Rosten der Metalle an der Luft u. s. w. Man kan nicht läugnen, daß dies eine sehr leichte und ungezwungne Erklärungsart sey.

Es kommen aber bey der Verbrennung noch die beyden merkwürdigen Erscheinungen vor, daß 1) die Luft, worinn ein Körper verbrennt, sowohl am Volumen, als auch an absolutem und specifischem Gewicht desto mehr abnimmt, je mehr sie phlogistisirt wird, und 2) daß der Rückstand des verbrannten Körpers (wenn nichts Flüchtiges, d. i. kein Dampf oder Rauch davon geht) um eben so viel am Gewichte zunimmt, als die Luft daran abgenommen hat. Dies scheint anzuzeigen, daß aus der Luft ein schwerer Bestandtheil hinweg und in den brennenden Körper übergehe; da doch nach den phlogistischen Systemen vielmehr der brennende Körper sein Phlogiston verliert und an die Luft überliefert. Diese Schwierigkeit fällt im antiphlogistischen Systeme, wo der brennende Körper, (wenn nichts verflüchtigt wird) nichts abgiebt, und doch aus der Luft das *Oxygene* annimmt, gänzlich hinweg, und von Herrn **Gren** wird sie dadurch gehoben, daß er das Phlogiston als einen absolut leichten, das Gewicht der Körper vermindernden, Stof betrachtet, s. **Phlogiston, Wärme.** Die andern Systeme nehmen an, es werde der Luft wirklich etwas entzogen und mit dem Rückstande verbunden, und dieses habe mehr Gewicht, als das dem Körper entzogne und mit der Luft verbundene Phlogiston. Dieser schwere mit dem Rückstande der Verbrennung verbundene Theil kan entweder die dephlogistisirte Luft selbst, oder ein Theil des aus der Verbrennung erzeugten Wassers seyn, wiewohl sich auch diesen Meinungen nicht unerhebliche Schwierigkeiten entgegen setzen lassen, s. **Verkalkung.**

Digitized by Google

Man wird hieraus leicht übersehen, wie räthselhaft noch immer die so wichtige Theorie der Verbrennung bleibe, und wie nöthig es sey, die Untersuchungen darüber mit unermüdetem Eifer fortzusetzen.

Macquer chymisches Wörterbuch durch Leonhardi, Art. Verbrennung.

Gren Grundriß der Naturlehre. Halle. 1788. 8. §. 732 u. f.

Ebend. Journal der Physik. Halle und Leipzig. 1790. gr. 8. Erstes u. Zweytes Heft. S. 3 u. f. 187 u. f.

Neue Ideen über die Meteorologie von J. A. de Lüc, a. d. frz. Berlin, 1787. gr. 8. I. Th. §. 180 u. f.

Verdampfung, s. Dämpfe.

Verdichtung, Condensatio, *Condensation*. Ueberhaupt heißt Verdichtung diejenige Veränderung der Körper, wodurch ihre Dichte vergrößert wird, oder, was eben so viel ist, wodurch ihre Theile einander näher gebracht und in einen engern Raum, als sie vorher einnahmen, zusammengedrängt werden.

Diese Verdichtung eines Körpers kan durch den Druck äusserer Kräfte geschehen, und führt in diesem Falle den besondern Namen der **Compression** oder **Zusammendrückung**. So lassen sich alle bekannte Körper verdichten, wiewohl bey manchen eine äusserst beträchtliche Kraft dazu würde erfordert werden, s. **Compressibilität**. Eigne Maschinen zur Zusammendrückung der Luft und anderer elastischen Flüßigkeiten werden bey dem Worte **Compressionsmaschine** beschrieben.

Eine andere Ursache der **Verdichtung** ist die **Kälte**, oder die Entziehung der freyen empfindlichen Wärme, deren Mangel alle Körper in einen engern Raum zusammenbringt, s. **Kälte, Thermometer**. Daß einige flüßige Körper, wenn sie durch die Kälte in den festen Zustand übergehen, sich ausdehnen, ist zwar eine Ausnahme von dieser Regel, die aber von fremden Ursachen herrührt, s. **Eis, Gefrierung**. Die Verdichtung der Körper durch die Kälte, oder überhaupt durch chymische Mittel, wobey

keine äuſſere mechaniſche Gewalt mitwirkt, heiſt die Zuſammenziehung (contractio), weil ſie als eine Wirkung der Cohäſionskraft der Theile angeſehen werden kan.

Insbeſondere führt den Namen der **Verdichtung** oder **Condenſation**, der Uebergang dampfförmiger Subſtanzen in die Geſtalt tropfbarer Flüßigkeiten. So werden bey der Deſtillation die übergetriebnen Dämpfe in der kühlern Vorlage zu Liquoren verdichtet. Dieſe Verdichtung wird durch die Entziehung des Wärmeſtofs bewirkt, deſſen Verbindung mit den Subſtanzen die Urſache ihrer Dampfgeſtalt war.

Der Verdichtung iſt die Ausdehnung oder Ausbreitung entgegengeſetzt, ſ. **Ausdehnung** (Th. I. S. 204).

Verdickung, Eindickung, Inſpiſſatio, *Inſpiſſation*. Mit dieſem Namen belegt man das Abdampfen, wenn dadurch ſolche flüßige Materien, welche aus dünnflüßigen und zähen Theilen zugleich zuſammengeſetzt ſind, ihrer dünnflüßigen flüchtigen Theile beraubt und zu einer zähern Conſiſtenz gebracht werden.

Verdünnung, Rarefactio, *Raréfaction*. Man verſteht unter dieſem Namen die Verbreitung eines Körpers durch einen größern Raum, als er vorher einnahm, ſ. **Ausdehnung, Ausbreitung**. Durch die Wärme werden alle bekannte Körper ausgedehnt oder verdünnt. Die elaſtiſchen Flüßigkeiten, d. i. Luftarten und Dämpfe, welche vom Gewichte des Luftkreiſes zuſammengedrückt, oder von den Wänden der Gefäße zuſammengehalten werden, verdünnen ſich ſelbſt durch ihre Federkraft, ſo bald ihnen nur ein größerer Raum verſtattet oder der Druck weggenommen wird. Hierauf beruht die Einrichtung der Luftpumpe.

In einer andern Bedeutung heiſt **Verdünnen** (diluere, *raréfier*) eine dickflüßige Subſtanz mit einer dünnflüßigern, oder eine wirkſamere mit einer unwirkſamern dergeſtalt vermiſchen, daß jene dadurch dünnflüßiger oder in ihrer Wirkſamkeit geändert wird. So verdünnt man die concentrirten Säuren, Weingeiſt u. ſ. w. mit Waſſer.

Digitized by Google

Verfinſterungen, ſ. Finſterniße.

Verglaſung, Vitrificatio, *Vitrification.* Die Verglaſung iſt eine Art der Schmelzung, wodurch harte feſte Körper in Fluß gebracht, und in Glas, d. i. in ein Product verwandlet werden, welches man nach dem Erkalten mehr oder weniger durchſichtig, glänzend, hart, ſpröde, unauflöslich und endlich wieder im Feuer ſchmelzbar findet, ſ. Glas. Die vollkommne Verglaſung, welche mit einer völligen Auflöſung und Schmelzung aller Theile begleitet iſt, liefert durchgängig gleichförmige und ganz durchſichtige Gläſer; die unvollkommne hingegen, wobey viele Theile ungeſchmolzen bleiben, wenigſtens nicht bis zur Verglaſung geſchmolzen werden, giebt undurchſichtige oder nur halbdurchſichtige Producte, die oft nur auf dem Bruche glaſigt und glänzend ausſehen, und beſonders bey den Hüttenarbeiten den Namen der Schlacken (ſcoriae) erhalten.

Die der Verglaſung fähigen Stoffe ſind insgemein erdigte, ſalzige und metalliſche Gemiſche. Die Erden ſind zwar an ſich deſto unſchmelzbarer, je größer ihre Reinigkeit iſt; in der Vermiſchung aber dienen ſie einander ſelbſt zu Schmelzungsmitteln. Kieſelerde, Kalk- und Thonerde, die für ſich allein nicht im Feuer fließen, geben nach gewiſſen Verhältnißen vermiſcht, in ſtarker Hitze ein vollkommnes Glas (ſ. Scheffers chem. Vorleſ. § 75. c.). Die Kalke der unvollkommnen Metalle fließen meiſtentheils ſchon für ſich im Feuer zu glasartigen Maſſen, welches man dem noch mit ihnen vereinigten Phlogiſton zuſchreibt. Vor allen andern ſind die Bleykalke zur Verglaſung geſchickt, und geben ſchon für ſich allein bey mäßigen Graden der Hitze ein Bleyglas, deſſen Schmelzbarkeit, Dünnflüßigkeit und Wirkſamkeit ſo groß iſt, daß es alle Schmelztiegel durchdringt, ſ. Bley (Th. I. S. 365). Durch Vermiſchung metalliſcher Kalke mit Erden erhält man ſehr dichte und ſchwere Glasarten, die nicht ſo ſpröde ſind, die plötzliche Abwechſelung der Hitze und Kälte beſſer aushalten und ſich glätter anfühlen.

Digitized by Google

Sehr viele salzige Stoffe, welche den nöthigen Grad der Feuerbeständigkeit haben, insbesondere die feuerbeständigen Laugensalze und der Salpeter, äussern beym Schmelzen auf die Kieselerde eine große Wirksamkeit. Daher wird das gemeine Glas aus Sand mit Asche, oder andern laugenartigen Substanzen, bereitet. Einige Salze, welche viel erdigten Grundstof bey sich führen, z. B. Borax und schmelzbares Harnsalz, schmelzen schon ohne erdigten Zusatz zu glasartigen Massen. Auch der Arsenik kan, seiner großen Flüchtigkeit ohnerachtet, als Schmelzungsmittel beym Verglasen gebraucht werden. Die mit reinen Salzen bereiteten Gläser sind nicht so schwer und hart, als die metallischen, aber glänzender und zerbrechlicher, und wenn die Salze darinn die Oberhand haben, so lassen sie sich von den Säuren angreifen, und verlieren an der Luft ihren Glanz und ihre Durchsichtigkeit.

Das Gemenge, woraus Glas geschmolzen werden soll, heißt der Einsatz, oder die Fritte. Diese Fritte wird vorher in dem Calcinir- oder Glühofen unter beständigem Umrühren gebrannt und ausgeglühet, um sie von dem überflüßigen Phlogiston und von der im Laugensalze enthaltenen Luftsäure zu befreyen; dann aber in starken irdenen Gefäßen im Glas- oder Schmelzofen bey dem dazu erforderlichen ansehnlichen Grade der Hitze geschmolzen, bis sie gleichartig und dünn genug fließt, und die herausgenommenen Tropfen keine Blasen mehr zeigen. Ist das Salz nicht rein gewesen, so sondert sich oben die Glasgalle (Axungia, fel vitri) ab, welche man sorgfältig abnimmt, weil sie sonst unverglasete Knoten in der Glasmasse bilden würde. Die den salzigen Gläsern anhängende grünliche oder olivenähnliche Farbe benimmt man ihnen durch Beymischungen von Braunstein oder weißem Arsenik, und kühlt das Glas, wenn es durch Blasen oder in Formen die verlangte Gestalt bekommen hat, im Kühlofen nach und nach ab, weil es durch ein allzuschnelles Erkalten an der Luft zuviel Sprödigkeit annehmen würde, s. Glas.

Macquer chymisches Wörterbuch, durch Leonhardi, Art. Verglasung.

Gren syſtematiſches Handbuch der Chemie, I. Theil §. 595. u. f.

Vergrößerung, Amplificatio, *Amplification.* Die Wirkung optiſcher Werkzeuge, insbeſondere der Fernröhre und Mikroſkope, durch welche dieſelben Dinge, die dem bloßen Auge unter einem kleinern Sehewinkel erſcheinen, dem mit dieſen Werkzeugen verſehenen oder bewafneten Auge unter einem größern Sehewinkel darſtellen. Man drückt die Größe dieſer Wirkung ganz natürlich durch das Verhältniß beyder Sehewinkel aus, deſſen Exponent alsdann die **Vergrößerungszahl** genannt wird. So ſagt man, die Vergrößerung ſey zehnfach, wenn der Gegenſtand durchs Fernrohr unter einem zehnmal größern Sehewinkel erſcheint, als wenn man ihn mit dem bloßen Auge betrachtet.

Die Größe des Sehewinkels, unter welchem Gegenſtände dem bloßen Auge erſcheinen, hängt von der Entfernung ab, aus der man ſie betrachtet. Will man alſo die Sehewinkel fürs bloße Auge als unveränderliche Größen anſehen, und mit den Sehewinkeln fürs bewafnete Auge vergleichen, ſo muß man einen beſtimmten Ort, wo das Auge ſtehen ſoll, feſtſetzen. Jede Angabe der Vergrößerung eines optiſchen Werkzeugs ſupponirt eine ſolche beſtimmte Stelle des bloßen Auges, aus welcher daſſelbe den Gegenſtand betrachten müſte, wenn er unter dem natürlichen unvergrößerten Sehewinkel erſcheinen ſollte.

Bey den **Fernröhren**, welche zu Betrachtung ſehr weit entlegner Dinge dienen, nimmt man den unvergrößerten Sehewinkel ſo an, wie er ſich darſtellen würde, **wenn das bloße Auge an der Stelle des letzten Glaſes (des Objectivglaſes) ſtünde.** Man ſtellt ſich gleichſam das ganze Fernrohr, als eine Verlängerung des Auges ſelbſt vor, und ſetzt des letztern Grenze an das Ende des erſtern. Iſt nemlich der Gegenſtand unendlich entlegen, ſo erſcheint er dem bloßen Auge unter einerley Sehewinkel, es mag ihn aus dem erſten oder aus dem letzten Ende des Fernrohrs betrachten.

Digitized by Google

So ist beym galileischen Fernrohre, Taf IX. Fig. 24. die Vergrößerungszahl $= \frac{aVb}{aCb}$ (oder, wenn die Winkel klein sind, $= \frac{\text{tang. a Vb}}{\text{tang. aCb}}$), und eben so beym astronomischen, Taf. IX. Fig. 25, und beym Erdrohre, Taf. IX. Fig. 26. Bey den ersten beyden Werkzeugen ist die Vergrößerungszahl dem Quotienten der Brennweite des Vorderglases durch die Brennweite des Augenglases gleich, und eben dieses findet auch beym Erdrohre statt, wenn die drey Augengläser einerley Brennweite haben. Doch ist diese Regel auf die gewöhnliche Stellung der Fernröhre für entfernte Gegenstände und weitsichtige Augen eingeschränkt: wenn man für nahe Gegenstände das Fernrohr auseinander zieht, oder für kurzsichtige Augen verkürzt, so wird in jenem Falle die Vergrößerung stärker, in diesem geringer, s. Fernrohr (Th. II. S. 187. 190. 196).

Bey den Spiegelteleskopen nimmt man den unvergrößerten Sehewinkel so an, wie ihn das bloße Auge aus der Stelle des größern Spiegels (der hier die Stelle des Objectivglases vertritt) sehen würde. So ist beym gregorianischen Teleskop, Taf. XXIII. Fig. 23, die Vergrößerungszahl $= \frac{O}{b}$ (oder $= \frac{\text{tang. O}}{\text{tang. b}}$). Beym Worte Spiegelteleskop (oben S. 140 u. f.) ist gezeigt, wie sich das Verhältniß b : O berechnen lasse, mit der Bemerkung, daß man es, wenn es blos auf eine beyläufige Schätzung ankömmt, $= f\psi : F^2$ setzen könne, wenn F, f, ψ, die Brennweiten des großen und kleinen Spiegels, und des letzten Augenglases bedeuten.

Bey den Mikroskopen muß man den unvergrößerten Sehewinkel anders bestimmen. Hier kömmt nemlich das Vorderglas so nahe an den Gegenstand, daß es ganz unnatürlich seyn würde, sich ein Auge zu denken, welches ihn eben so nahe betrachtete. Ein solches Auge würde ihn zwar unter einem sehr großen Winkel, aber ohne alle Deutlichkeit, sehen. Hier stellt man sich also das Auge so weit vom

Digitized by Google

Gegenſtande vor, als es die gewöhnliche **Weite des deutlichen Sehens** (8 Zoll) erfordert, und nimmt den unvergrößerten Sehewinkel ſo an, wie er ſich dem um dieſe Weite entfernten Auge darſtellen würde. So iſt beym einfachen Mikroſkop die Vergrößerungszahl gleich der Weite des deutlichen Sehens, dividirt durch die Brennweite der Linſe, ſ. **Mikroſkop** (Th. III. S. 218). Die Berechnung der Vergrößerung zuſammengeſetzter Mikroſkope findet man ebendaſelbſt (S. 224. 227 u. f.).

Da die Sehewinkel zwiſchen ihren Schenkeln blos Linearabmeſſungen der Gegenſtände begreifen, ſo geben die berechneten Zahlen blos Vergrößerungen der Linien oder **Durchmeſſer** an. Flächen werden im Verhältniße der Quadrate dieſer Zahlen vergrößert, z. B. die Mondfläche 100 mal, wenn das Fernrohr den Durchmeſſer 10 mal größer darſtellt. Aber von einem optiſchen Werkzeuge anzugeben, wievielmal es den körperlichen Raum vergrößere, iſt eine eitle Prahlerey, die nur Unwiſſende mit großen Zahlen täuſcht, im Grunde aber nichts ſagt, weil man doch nur Linien und Oberflächen, nie körperliche Räume, ſehen kan.

Von der Beſtimmung der Vergrößerungen optiſcher Werkzeuge durch wirkliche Proben, und einem eignen dazu dienenden Werkzeuge ſ. **Auzometer** (Th. I. S. 225).

Vergrößerungsglas, ſ. **Mikroſkop**.

Verkalkung, **Calcination**, **das Calciniren**, Calcinatio, *Calcination*. In weitläuftigerm Sinne nennt man Verkalkung jede Operation, bey welcher durch die Hitze ohne Flamme aus einem feſten Körper ſo viel Beſtandtheile verflüchtiget werden, daß die übrigen in zerreiblicher Geſtalt, oder als ein Pulver, zurück bleiben. Die Alchymiſten nannten ſolche Operationen das **philoſophiſche Pülvern**: jetzt giebt man ihnen lieber die Namen des **Brennens** oder **Röſtens** (uſtio, uſtulatio).

In engerer Bedeutung wird der Name **Verkalkung** auf die Metalle eingeſchränkt, und denjenigen Operationen beygelegt, durch welche dieſelben ihrer reguliniſchen Form beraubt, und in Metallkalke oder metalliſche Erden ver-

Digitized by Google

wandlet werden, ſ. Metalle; Kalke, metalliſche. Durch Zuſatz brennbarer Stoffe kan man dieſen Kalken die reguliniſche Form wieder geben, ſ. Reduction; daher ſich die Verkalkung als eine Entziehung des Brennbaren betrachten läſt. Dieſe Verkalkung der Metalle geſchieht gewöhnlich durchs Feuer oder auf dem trocknen Wege, durch eine Art von Verbrennung an freyer Luft; doch kan ſie auch durchs Verpuffen mit Salpeter (ſ. Verpuffen), oder auf dem naſſen Wege durch Auflöſung der Metalle und Niederſchlagung ihrer Kalke erfolgen.

Die erſte Art der Verkalkung, welche hier insbeſondere zu betrachten iſt, läſt ſich durch das Beyſpiel des Bleys erläutern. Wenn man eine genau abgewogne Menge Bley in einem flachen Gefäße (einem Calcinirſcherben) an freyer Luft ſchmelzet, ſo wird ſie bald mit einer grauen erdigten Haut überzogen. Streicht man dieſe Haut mit einem eiſernen Spatel zurück, ſo kömmt zwar die glänzende Oberfläche des Metalls wieder zum Vorſchein, aber bald wird auch ſie wieder mit dieſer erdigten Haut bedeckt, und ſo kan man nach und nach das ganze Bley in einen ſolchen Staub verwandlen. Dieſer Bleykalk hat eine geringere ſpecifiſche Schwere, als das metalliſche Bley; ſein abſolutes Gewicht hingegen iſt um ein beträchtliches größer, als das Gewicht des dazu verwendeten Bleyes, wofern man nur Sorge getragen hat, allen Verluſt durch Verflüchtigung u. dergl. zu verhüten. Man kan aus 10 Pfund Bley auf 11 Pfund Bleykalk erhalten. Wenn man dieſen Kalk einer noch heftigern Hitze ausſetzt, ſo ſchmelzt er endlich zu einem durchſichtigen metalliſchen Glaſe.

Aehnliche Veränderungen leiden die übrigen Metalle, wenn man ſie mit Zutritt der Luft dem Feuer ausſetzt. Nur Gold, Silber und Platina ſind hievon ausgenommen, und werden aus dieſem Grunde unter dem Namen der edlen Metalle von den übrigen unterſchieden.

Wird die reſpirable Luft ausgeſchloßen, ſo iſt keine Verkalkung der unedlen Metalle mehr zu bewerkſtelligen. Darum geſchieht auch die Verkalkung ſchmelzender Metalle nur an der Oberfläche. In einer beſtimmten Menge re-

Digitized by Google

ſpirabler Luft kan auch nur eine gewiſſe Quantität Metall verkalkt werden. Die Luft wird dadurch phlogiſtiſirt, und der Antheil der reinen Luft geht ganz verlohren, wenn ſo viel Metall, als möglich, darinn verkalkt worden iſt. Wird ein Metall in reſpirabler Luft in verſchloßnen Gefäßen verkalkt, ſo wiegt das Ganze, welches aus dem Metallkalke und der phlogiſtiſirten Luft beſteht, nach vollendeter Operation genau eben ſo viel, als vorher. Werden aber alsdann die Gefäße geöfnet, ſo dringt die atmoſphäriſche Luft hinein, und das Gewicht der hinzutretenden Luft beträgt ſo viel, als die Gewichtszunahme des Metallkalks.

Dieſe höchſt merkwürdigen Erſcheinungen, welche insbeſondere **Lavoiſier** (Mém. de Paris 1774. S. 351. Abhandlung von der Verkalkung des Zinnes in verſchloßnen Gefäßen, überſ. in Crells chemiſchen Journal, Th. IV. S. 140 u. f.) durch genaue Verſuche beſtätiget hat, zeigen offenbar, daß die Verkalkung zu den ſogenannten phlogiſtiſchen Proceſſen gehöre, und im Grunde nichts anders, als eine Verbrennung ſey, bey welcher nur der hohe Grad der Verdampfung fehlt, der zu Erzeugung der Flamme nöthig iſt.

Alle Erklärungsarten der Verbrennung laſſen ſich alſo auch auf die Verkalkung anwenden, und die eigne Erſcheinung der Gewichtszunahme, welche bey den Metallkalken ſo merklich iſt, und bey ihrer Wiederherſtellung zu reguliniſchen Metallen wieder verlohren geht (ſ. **Reduction**), verurſacht hiebey eben die Schwierigkeiten, wie bey der Verbrennung. Bey dem Worte **Kalke, metalliſche** (Th. II. S. 734 u. f.) wird die Geſchichte der vornehmſten Meinungen hierüber kürzlich berührt; es iſt aber ſeitdem noch manches Neue hinzugekommen.

Nach dem Grundſatze, daß alle bekannte Materien ſchwer ſind, zeigt jede Gewichtszunahme einen Beytritt neuer Materie, oder eine Vermehrung der Maſſe, an. Es iſt alſo ſehr natürlich anzunehmen, daß die Metalle bey und während dem Verkalken etwas zugeſetzt erhalten. Nach der gewöhnlichen ſtahliſchen Theorie verlieren ſie durchs Verkalken einen ihrer Beſtandtheile, nemlich ihr

Digitized by Google

Phlogiſton; ſie müſſen alſo dagegen etwas anderes erhalten, das mehr Gewicht hat, als das verlohrne Brennbare, wenn ſich anders ihre Gewichtszunahme erklären ſoll. Worinn nun dieſer Zuſatz beſtehe, darüber laſſen ſich die Meinungen auf vier Claſſen bringen.

Zur erſten gehören diejenigen, welche ſonſt Feuertheile zu den Kalken hinzutreten ließen, wie **Boyle**, **Becher**, **Urban Hiärne**, **Homberg**, **Lemery**. **J. F. Meyer** ſetzte an die Stelle der Feuertheile ſein Kauſtikum oder Acidum pingue. Unter den Neuern haben **J. G. Gmelin** (Comm. Petrop. To. V. p. 263), **Wiegleb** (Handbuch der allgem. Chemie, Th. I. §. 363), **Weigel** (Chemiſch-mineralog. Beobachtungen Th. I. S. 38. Th. II. S. 4 u. f.), **Bergmann** (De praecipitatis metall. in Opuſc. Vol. II. p. 394.) dieſe Meinung unter gewiſſen Modificationen angenommen, daß ſie z. B. ſtatt der Feuertheile Wärmeſtof ſetzen.

Die zweyte Claſſe machen diejenigen aus, welche bey der Calcination einen Beytritt der Luft oder luftförmiger Stoffe überhaupt zu den Kalken annehmen. Dieſe Meinung äuſſerte ſchon **Rey** (Eſſais ſur la recherche de la cauſe, pour la quelle l'Eſtain et le Plomb augmentent de poids, quand on les calcine. à Bazas. 1630. 8.); ſie iſt aber erſt durch **Hales** und **Prieſtley's** Entdeckungen mehr in Aufnahme gekommen, nachdem man fand, daß die Metallkalke wirklich eine Menge Materie in ſich halten, welche bey ihrer Reduction mit Aufbrauſen in Luftgeſtalt, oder als eine Gasart, davon geht. Seitdem haben die meiſten neuern Chymiker angenommen, daß die Metalle beym Verkalken Luft einſaugen, und dadurch ihre Gewichtszunahme erhalten. **Prieſtley** hielt dieſen eingeſognen Theil für Luftſäure, oder fixe Luft, weil ſich faſt bey allen Reductionen dergleichen in Menge entbindet; aber die Verſuche der Herren **Lavoiſier** und **Bayen** haben es wahrſcheinlicher gemacht, daß den Metallkalken ein Antheil von reiner dephlogiſtiſirter Luft aus der Atmoſphäre beytrete, ſ. **Kalke, metalliſche** (Th. II. S. 735 u. f.).

Digitized by Google

Diese Erklärung scheint nun ganz ungezwungen aus den Phänomenen selbst zu folgen. Das verkalkte Metall nimmt an Umfang und Gewicht zugleich zu; die Luft, in der die Verkalkung geschieht, nimmt an beyden zugleich ab, und zwar am Gewichte so viel, als das Metall zunimmt. Was läßt sich natürlicher hieraus folgern, als daß eben das dem Metalle beytrete, was der Luft abgeht, oder entzogen wird, nemlich ihr reiner auf die Verkalkung verwendeter Theil? Wenn dieser mehr wiegt, als das dem Metalle entzogne und nun mit der Luft verbundne Phlogiston, so ist durch diese Verwechselung der Stoffe die Gewichtszunahme der Kalke sowohl, als die Verminderung und das Leichterwerden der Luft, erklärt.

Dennoch setzt Herr D. Gren dieser Erklärung entgegen, es sey widersprechend, daß in der Glühhitze, welche alles expandire und den Stoffen vielmehr die Luftgestalt zu geben geschickt sey, irgend eine Luftart figirt werden und ihre elastische Form verlieren solle. Er führet ferner an, man erhalte nur aus solchen Metallkalken fixe oder dephlogistisirte Luft, welche schon lange dem Zugange der Luft ausgesetzt gewesen wären, und aus ihr Luftsäure und Wasser eingesogen hätten; es lasse sich beym Verglasen der ganz frisch bereiteten und noch heißen Metallkalke keine Abnahme des Gewichts bemerken, und überhaupt aus denselben nichts gasartiges austreiben (*Gren* Diss. de genesi aëris fixi Exp. XXIV. XXV. p. 55); und das Aufbrausen bey der Reduction rühre blos von der Luftsäure der Reducirmittel her.

Ich maße mir nicht an, über diese scharfsinnig ausgedachten Gründe entscheidend zu urtheilen. Doch darf ich bemerken, daß wir wohl die Verwandschaften des Wärmestofs noch zu wenig kennen, um zu behaupten, es sey ganz unmöglich und widersinnig, daß bey der Hitze des Verbrennens und Verkalkens, wobey doch die Luft wirklich zersetzt wird, ein Theil dieser zersetzten Luft vom Rückstande des verbrannten Körpers stärker, als vom Wärmestof, angezogen werde, und sich also in figirter Gestalt mit diesem Rückstande verbinde. Auch kan ich noch hinzusetzen, daß man fast bey allen hieher gehörigen Versuchen die Abwägungen erst an-

Digitized by Google

gestellt hat, nachdem die Glühhitze vorüber gewesen ist, und daß den von Herrn Gren über die Verglasung angestellten Versuchen andere von Herrn Abich (in Crells chem. Annalen v. J. 1784. B. I. S. 399 u. f. S. 580 u. f.) entgegenstehen, die auch Herr Gren selbst anführt, und wobey aus den Metallkalken bey ihrem Verglasen wirklich Gasarten erhalten wurden.

Zur dritten Classe der Erklärungen gehört das antiphlogistische System des Herrn Lavoisier und seiner jetzt zahlreichen Anhänger. Dieses System modificirt die Erklärungen der zweyten Classe so, daß die Existenz des Phlogistons, und seine Entziehung beym Verkalken gänzlich geläugnet, und der Metallkalk als eine aus Metall und Oxygen zusammengesetzte Materie betrachtet wird, welche mehr wiegt, als das Metall allein, weil das Gewicht des Oxygens noch hinzukömmt. Es besteht nemlich nach diesem System die reine Luft aus dem Oxygen und dem Stoffe des Lichts und der Wärme, welcher letztere beym Verbrennen und Verkalken frey wird, und das Oxygen an den Rückstand der Körper überläßt. Daher nennen auch die Antiphlogistiker das Verkalken die Oxydation, und die Kalke selbst *Oxydes*. Gegen dieses System wendet Herr Gren ein, daß man das Queckſilber auch ohne Hitze durch bloßes Schütteln in reiner Luft verkalken könne, wobey weder Licht noch Wärme entstehe, und also der andere Grundtheil der reinen Luft sich gar nicht zeige; daß auch die reinste dephlogistisirte Luft, wenn man sie zum Verkalken anwendet, sich nachher als phlogistisirte zeige; daß man in den Kalken der meisten Metalle keine Spur von Säure finde, dergleichen doch das Oxygen, als die Basis aller Säuren (principium acidificum) zeigen müste; daß es hiebey unerklärbar bleibe, warum der Queckſilberkalk (Mercurius praecipitatus per se), der doch das Oxygen in der Siedhitze angezogen haben soll, eben dasselbe in der Glühhitze, wo er sich ohne Zusatz reducirt, wieder fahren lasse u. s. w.

Eine vierte Classe macht endlich die Muthmaßung aus, daß das, was dem Metall beytritt, ein aus dem Phlogiston und der reinen Luft durch die Verbrennung erzeugtes Was-

Digitized by Google

ser seyn könne. Seit der von Cavendish, Watt, Lavoisier und de la Place wahrgenommenen Wassererzeugung beym Abbrennen brennbarer und dephlogistisirter Luft, ist diese Vermuthung von einigen geäussert, und besonders von Herrn Westrumb (Kleine physikal. chemische Abhandl. II. B. 1 Heft. S. 1 u. f. S. 119 u. f.) vertheidigt worden. Ausser dem, was sich überhaupt der Wassererzeugung entgegen setzen läst, wendet Herr Gren hiegegen noch ein, man bemerke beym Verkalken keinen Wasserdampf, und beym Verbrennen des Phosphorus in trokne, mit Queckſilber gesperrten Gefäßen überhaupt nichts Flüssiges; auch erhalte man aus frischen und noch heissen Metallkalken beym Verglasen kein Wasser, wenn man trokne und wohl ausgeglühte Gefäße anwende. Das Bleyglas, welches nichts am Gewichte verliere, könne in 110 Pfunden unmöglich 10 Pfund Wasser enthalten, da es überhaupt nicht viel mehr Raum einnehme, als 12 Pfund Wasser; und es sey widersprechend, daß das Wasser in der Glühhitze seinen dampfförmigen Zustand verlassen, und sich mit einem festen Körper verbinden solle.

Herr D. Gren selbst, den keine dieser Erklärungen befriediget, widerspricht daher überhaupt dem Satze, daß alle Materie schwer sey, und legt dem Phlogiston, so wie seinen Bestandtheilen, dem Wärmestoffe und Lichte, absolute Leichtigkeit oder negative Schwere bey, so daß die Gewichtszunahme eine unmittelbare Folge des bloßen Verlusts der brennbaren Theile wird. Er führt an, daß schon Scheffer (Schwed. Abhandl. v. J. 1757.) etwas ähnliches geäussert, de Morveau (Digressions academiques, à Dijon et Paris. 1772. 12. und in *Kozier* Observ. et mém. To. II. 1773. p. 281.) dieses weiter entwickelt, aber dabey das Phlogiston nur leichter, als die Luft, worinn wir die Körper wägen, angenommen habe; hingegen Rinmann (Geschichte des Eisens Th. I. S. 211.) und Daniel (Versuch einer Theorie der wichtigsten Beobacht. aus der Naturlehre, die man durch fixe Luft oder fette Säure zu erklären bemüht war. Halle, 1777. 8.) die absolute Leichtigkeit des Phlogistons ebenfalls vertheidigt hätten.

Digitized by Google

Ich habe dieſer negativen Schwere des Phlogiſtons, die mir mit aller Analogie zu ſtreiten, und einen großen Theil der höhern Mechanik (ſo wie überhaupt unſerer zuverläßigſten Kenntniße von Maſſe, Dichte und ſpecifiſchem Gewichte der Körper) umzuſtoßen ſcheint, bey den Worten Maſſe (Th. III. S. 145, 146.) und Phlogiſton (Th. III. S. 472 u. f.) Zweifel entgegengeſetzt, welche Herr Gren mit einer ſeiner Denkungsart wahre Ehre machenden Güte aufnahm. Seitdem habe ich das Vergnügen gehabt, mit meinen Gedanken das Urtheil zweener Gelehrten übereinſtimmen zu ſehen, deren tiefe Einſichten in die mathematiſche Phyſik allgemein bekannt und verehrt ſind. Denn es hat nicht nur der hieſige verdienſtvolle Profeſſor der Phyſik, Herr Hindenburg (Progr. Orationem in mem. *Jo. Aug. Erneſtii* habend. indicens, quo oſtenditur, calorem et phlogiſton non eſſe materias abſolute leves. Lipſ. 1790. 4.) die abſolute Leichtigkeit des Wärmeſtofs und Phlogiſtons mit überzeugenden Gründen beſtritten, ſ. Wärme; ſondern es hat auch Herr Hofrath Mayer in Erlangen (ſ. Journal der Phyſik, von D. F. A. C. Gren, Jahr 1790, 2tes Heft, S. 205 u. f.) den wichtigen und unwiderleglichen Zweifel erhoben, daß das Phlogiſton, wenn es ein negativ ſchwerer Stof wäre, durch ſeinen Beytritt die Beſchleunigung des Falles ſchwerer Maſſen vermindern, mithin der Bleykalk geſchwinder, als das reguliniſche Bley fallen, und ein eiſernes Pendel (wegen der größern Menge von Phlogiſton) unter gleichen Umſtänden merklich langſamer, als ein bleyernes, ſchwingen müſte, welches man doch ſchwerlich durch Erfahrungen beſtätigen werde, ob es gleich eine offenbare Folge dieſer Theorie ſey. Herr Gren (Journal der Phyſ. a. a. O. u. 3tes Heft, S. 771. u. f.) ſuchte zwar anfänglich zu zeigen, daß dieſe Folge aus ſeiner Theorie nicht fließe; er hat aber endlich (Journal der Phyſ. 5tes Heft. S. 198 u. f.) durch Herrn Mayers Gründe überzeugt, dieſe Vertheidigung mit einer rühmlichen Wahrheitsliebe zurückgenommen, und eingeräumt, daß ſeine Erklärung auf Folgerungen leite, welche den Grundſätzen der Mechanik widerſprechen. Inzwiſchen giebt er doch den

Digitized by Google

Satz nicht auf, daß die Körper durch den Verlust des Phlogistons am Gewichte zu-, und durch Verbindung mit demselben daran abnehmen. Er nennt ihn einen Erfahrungssatz, eine Thatsache, die er nur nicht mehr zu erklären wisse.

Meine Meinung hievon ist diese. Daß Körper beym Verluste des Phlogistons zugleich am Gewichte zunehmen, ist allerdings ein Erfahrungssatz; daß aber dieses unmittelbar durch den Verlust des Phlogistons geschehe, ist keine Erfahrung mehr, und könnte höchstens nur als Vorstellungsart oder Ausdruck einer Menge Phänomene zugelassen werden, die man dadurch nur bezeichnete, ohne sie erklären zu wollen. Aber auch als Ausdruck wäre der Satz unbequem, weil er etwas enthält, das mit andern Naturgesetzen streitet, und dann, weil die Worte: durch den Verlust ꝛc. schon an sich auf eine Causalerklärung hinweisen, und also mehr sagen, als sie sollen.

Herr M. Wilckens in Göttingen (Aufsätze mathematischen, physik. chemischen Inhalts, Erstes Heft. Götting. 1790. gr. 8. S. 63 u. f.) zeigt ebenfalls, daß Herr Gren durch seine anfängliche Vertheidigung den mayerischen Einwurf keineswegs gehoben habe. Er fügt am Ende seines Aufsatzes die Bemerkung hinzu, daß sich im phlogistischen System die Gewichtszunahme der Metalle nach dem Verkalken noch sehr gut erklären lasse, wenn man gleich dem Phlogiston wirkliche Schwere beylege, wofern man nur zugleich annehme, es sey unter allen Stoffen der leichteste, und wiege weniger, als die atmosphärische Luft, welche in die durch seine Entweichung entstandnen leeren Zwischenräumchen tritt. Er bestätigt dies im Allgemeinen durch Formeln, die sich auf richtige Betrachtungen gründen, sehr deutlich, und muthmaßet, daß sich selbst Stahl (Fundamenta Chem. Norimb. 1747. P. III. p. 375. „Per accessionem partium inflammabilium levius fit concretum.“) die Sache so erklärt habe, wie dies denn auch die Erklärung der Akademisten zu Dijon, de Morveau, Maret und Durande (Elemens de Chymie. à Dijon. 1777. To. I. p. 172. und in Weigels Uebers. Leipz. 1779. B. I. S. 135.) ist.

So richtig nun Herrn Wilckens Formeln im Allgemeinen sind, so reicht man doch bey der wirklichen Anwendung mit dieser Erklärung bey weitem nicht aus. Bey dem Gewichtsunterschiede zwischen 100 Pfund Bley und 110 Pfund Bleykalk z. B. ist die Summe der leeren Zwischenräume, die in 110 Pfund Bleykalk enthalten seyn können, viel zu gering, als daß sie die Menge der zu einem Unterschiede von zehn Pfund erforderlichen Luft in ihrer elastischen Gestalt fassen könnte. Uebrigens nimmt auch Herr Wilckens selbst diese Erklärung gar nicht an, sondern bekennt, daß er sich von der Beschaffenheit verkalkter Metalle eine ganz andere Vorstellung mache.

Macquer chymisches Wörterbuch, Art. Calcination.

Gren systematisches Handbuch der ges. Chemie, II. Theil, 2 Band. Halle, 1790. gr. 8. §. 1995 — 2052.

Verpuffen, Verpuffung, Detonatio, *Detonation.* So nennt man in der Chymie die mit einem Geräusch verbundene Entzündung, welche sich ereignet, wenn salpetersaure Salze in der Glühhitze mit brennbaren Körpern in Berührung kommen. Der gemeine Salpeter z. B. fließt für sich allein in der Hitze ruhig; berührt man ihn aber mit einem brennenden Körper, oder bringt man etwas Verbrennliches an ihn, indem er selbst glühet, so entsteht augenblicklich eine heftige Entzündung, die den verbrennlichen Körper schnell zerstört, und den Salpeter selbst zersetzt, so daß seine Säure davon geht, und blos sein Laugensalz zurückbleibt. Alle salpetersaure Salze besitzen diese Eigenschaft, und sie macht ein unterscheidendes Kennzeichen derselben aus.

Man bedient sich dieses Verpuffens, als eines geschwinden Mittels zu manchen Bereitungen. So wirft man auf geschmolzenen glühenden Salpeter Kohlenstaub so lange, als sich noch eine Entzündung zeigt, und erhält dadurch den fixen Salpeter, ein wahres Gewächslaugensalz, das wegen der Luftsäure aus den Kohlen nicht ganz ätzend ist. So erhält man durch Verpuffung des Salpeters mit Weinstein die Flüße, s. Fluß, und durch Verpuffen mit Schwe-

Digitized by Google

fel einen vitriolisirten Weinstein, der nach dem Krystallisiren Glasers Polychrestsalz heißt.

Stahl erklärte die Verpuffung aus dem im Salpeter befindlichen Brennbaren, welche Theorie Macquer noch mehr ausgebildet hat, indem er annahm, die Salpetersäure erzeuge mit dem Phlogiston einen sogenannten Salpeterschwefel, der sich bey seiner Entstehung im Glühfeuer sogleich entzünde und abbrenne. Die meisten Neuern hingegen schreiben das Verpuffen mit Priestley der dephlogistisirten Luft zu, die sich aus dem glühenden Salpeter in Menge entwickelt, und in der bekanntermassen alle brennbare Körper sehr schnell und heftig, mit Glanz und Knistern, verbrennen. Herr Gren erinnert doch, man sehe hiebey die Ursache nicht ein, warum die brennbaren Körper nur in der unmittelbaren Berührung mit dem glühenden Salpeter, und nicht eben sowohl nahe über demselben, verpuffen, und warum andere Stoffe, welche eben so viel dephlogistisirte Luft geben, z. B. Braunstein, nicht auch verpuffen. Er nimmt daher an, daß auch die Salpetersäure am Verpuffen Antheil habe, indem sie das Phlogiston anziehe, und damit ein verbrennliches Gemisch bilde, das man sehr wohl Salpeterschwefel nennen könne.

Die Salpetersäure soll nach der Behauptung der meisten hiebey in Salpeterluft verwandlet werden. Es hat aber Herr Achard (in Crells chem. Annalen, J. 1784. B. II. S. 483 u. f.) bey der Verpuffung des Salpeters mit Kohlen in verschloßnen Gefäßen, durch genaue Untersuchung keine Salpeterluft, sondern blos phlogistisirte und fixe, gefunden. Daher scheint vielmehr die Salpetersäure durch die Verpuffung gänzlich zerstört zu werden. Das antiphlogistische System erklärt diese Erscheinung sehr leicht. Nach demselben besteht die Salpetersäure aus dem Oxygen und Azote (der Basis der phlogistisirten Luft). Durchs Verpuffen wird sie in diese Bestandtheile zerlegt, welche in neue Verbindungen treten, so daß das Oxygen mit Feuer und Kohlenstof zu Luftsäure, das Azote mit Feuer zu azotischem Gas (phlogistisirter Luft) gebunden wird.

Die aus dem Salpeter entwickelte dephlogistisirte Luft macht es begreiflich, wie die Verpuffung auch in verschloßnen Gefäßen ohne Zutritt äusserer Luft von statten gehen kan. Wenn man sie mit Kohlenstaub in einer glühenden Tubulatretorte vornimmt, und eine Vorlage mit Wasser anküttet, so verbinden sich die aufgestiegnen Dämpfe mit dem Wasser, welches alsdann **Salpeterclyssus** genannt wird, im Grunde aber nichts als Wasser ist, das manchmal eine flüchtig alkalische Beschaffenheit hat, von der es ungewiß ist, ob sie von den Kohlen oder von der Salpetersäure herrühre. Daß dieses Wasser gar keine Säure zeigt, ist ein neuer Beweiß für die wirkliche Zerstörung der Salpetersäure beym Verpuffen. Durch Verpuffen mit Schwefel erhält man auf ähnliche Art den **Schwefelclyssus**, in welchem noch etwas unzerstörte Salpetersäure mit Schwefelsäure enthalten ist. Uebrigens giebt das Verpuffen oder Verbrennen des Schwefels mit Salpeter in verschloßnen Gefäßen ein Mittel, das wohlfeilere **englische Vitriolöl** zu bereiten, s. **Vitriolsäure.**

Mit dem Verpuffen des Salpeters hängen die Erscheinungen des Schießpulvers und Knallpulvers zusammen, wovon eigne Artikel dieses Wörterbuchs handlen.

Gren system Handbuch der Chemie. I. B. §. 890 u. f.

Verstärkung der Elektricität, s. **Flasche, geladne.**

Verstärkungsflasche, s. **Flasche, geladne.**

Versteinerung, Petrificatio, *Pétrification.* Die Operation, wodurch die Natur aus lockerm Sande, Trümmern organisirter Körper u. dergl. mit der Zeit Steine bildet. Es ist hiebey nicht die Rede von Entstehung aller Steine überhaupt (*Lapidification*), wozu die Natur gewiß mehrere und von einander ganz verschiedene Mittel angewendet hat; das Wort Versteinerung bezieht sich blos auf diejenige Wirkung, wodurch erdigte Substanzen, die vorher in einzelne Theile zertrennt, oder nur in lockerm Zusammenhange waren, nach und nach, vornehmlich durch den

Digitized by Google

Zutritt der Feuchtigkeit, in zusammenhängende feste Steinmassen verwandlet werden.

Es ist bey dem Worte **Cohäsion** (Th. I. S. 519) bemerkt worden, daß die Körper bey unmittelbarer Berührung desto stärker zusammenhängen, je größer ihre sich berührenden Flächen sind, oder je mehr die Anzahl ihrer Berührungspunkte anwächst. Nun stelle man sich eine Schicht von Sand oder erdigten Trümmern vor, durch welche sich Wasser durchseihet. So lang sich die Sandkörner nur an wenigen und kleinen Stellen berühren, ist ihr Zusammenhang kaum merklich. Giebt es aber darunter verschiedene Sorten kleinerer Körner, oder liegt über dieser Sandschicht eine andere feinere, so führt das Wasser nach und nach kleinere Körner zwischen die großen, und noch kleinere zwischen jene: dadurch werden die Berührungspunkte vermehrt, die Cohäsion wird verstärkt, und endlich wird die ganze Masse Stein. Es ist schon dort (Th. I. S. 520) angeführt, daß wir auf eben die Art unser Mauerwerk bereiten, und daß die sogenannte **Breccia** (zusammengebacknes Gestein) eine Art von natürlichem Mauerwerk ist. Diese Erklärung ist wenigstens begreiflicher, als die durch einen **versteinernden Saft**, der im Grunde so etwas ist, wie die einschläfernde Kraft des Opiums beym Moliere, und die Qualitäten der Scholastiker.

Herr **de Lüc** fand in Piemont Sandhügel, die selbst nicht versteinert sind, aber viel versteinertes Holz und Muscheln mit Steinkernen enthalten. Hier scheint die Feuchtigkeit nur einen feinen Staub mit sich zu führen, der sich im Sande, wo der Weg frey ist, nicht absetzt; dahingegen in den Canälen des Holzes und in dem feinern Sande der Muschelschalen ihr Lauf langsamer wird, und die Theilchen Zeit gewinnen, sich abzusondern und die Versteinerung zu vollenden.

In lockern Sandhügeln findet man häufig **einzelne Sandsteine** (*grès*), die aus dem Sande der Hügel zusammengesetzt sind. Diese Erscheinung erklärt sich aus dem an einzelnen Stellen aufgehaltenen Laufe der Feuchtigkeit. Lagen einige Sandkörner so, daß sie die Feuchtigkeit nicht

Digitized by Google

durchließen, so fieng sich an Materie daselbst abzusetzen. Diese versperrte den Weg noch mehr, die Feuchtigkeit machte neue Absätze darüber, verband noch mehr Sandkörner damit, und so entstanden mitten im lockern Sande diese Concretionen. Sie haben gewöhnlich eigne Gestalten, wozu die verschiedne Feinheit oder Gleichförmigkeit des Sandes Anlaß giebt. In einem Hügel in Piemont waren diese Sandsteine rund, wie Boßkugeln, an andern Orten findet man sie mit Ramificationen, oder als große Blöcke, die auf der Oberfläche gleichsam Basreliefs zeigen.

In Italien fand Herr de Lüc mitten in solchen Sandsteinen Conchylien, deren Kerne Agat waren, einige ganz ausgefüllt, andere nur inwendig mit Agatkrystallen überzogen: ihre Oefnung aber mit der versteinerten Materie des Hügels (einem harten grauen Sande) verstopft: an einigen war dieser steinerne Deckel übergetreten, wie ein über die Form ausgetretener Metallguß. Er erklärt sich die Entstehung so. Der Hügel ist mit der Materie des Agats durchdrungen, die wegen der Homogeneität ihrer Theile einen durchsichtigen Stein bildet, s. Durchsichtigkeit. Der Sand des Hügels füllte die Mündung der Conchylien aus; aber die Feuchtigkeit drang durch diesen Pfropf hindurch in die leeren innern Windungen, und führte die feine Materie mit sich ein, bis endlich die Mündung ganz verstopft und versteinert ward. Ist dies spät geschehen, so ist die ganze Schale mit Agat erfüllt; ist es früher erfolgt, so sind nur die Wände mit Krystallen überzogen. Dieser ganze fremde Körper hat nun auch den Umlauf der Feuchtigkeit von aussen gehindert, und so ist eine steinigte Rinde um die Schale, und endlich ein Sandstein entstanden. Ueberhaupt findet man in den meisten einzelnen Sandsteinen irgend einen fremden Körper, der die erste Veranlassung zu der Concretion gegeben hat.

Mehrentheils führt die Feuchtigkeit nur Kalkerde bey sich. Die daraus gebildeten Sandsteine und Steinkerne zerfallen im Scheidewasser, und werden dem Sande der Hügel gleich, in denen sie sich gebildet haben. Bisweilen ist die beygemischte Materie gypsartig, und bildet in den Mu-

Digitized by Google

ſchelſchalen eine Art von Alabaſter. Manchmal ſind Materien von verſchiedener Art mit einander vermiſcht; wenn dieſe in organiſirte Körper dringen, ſo füllen ſich die weiten Gänge mit dem gröbern Stoffe, und der feinere dringt in die engſten Canäle ein. So hat man verſteinertes Holz mit Agatadern durchzogen. Bisweilen iſt die Materie kieſig, wie man z. B. in England Conchylien findet, die mit Kies überzogen ſind, und ausſehen, als ob ſie von Bronze wären.

Bey Colbrokdale in Shropſhire haben die Farrenkräuter nebſt andern Pflanzen die Veranlaſſung zu eiſenhaltigen Concretionen gegeben. Bey Scarborough in Yorkſhire haben Ammonshörner zur erſten Anlage der Verſteinerung gedient. Aus Grönland erhält man Sandſteine, deren Kerne kleine Fiſche ſind, von denen noch die Skelette darin liegen, nach deren Geſtalt ſich auch der äußere Umriß des Steins gebildet hat.

J. A. de Lüc Phyſikal. u. moral. Briefe über die Geſch. der Erde und des Menſchen, a. d. franz. Leipzig, 1781. gr. 8. Erſter Band, XVIII. Brief, S. 121 u. f.

Verſuch, Experimentum, *Expérience.* Erfahrungen, welche wir vermittelſt unſerer Sinne an den Körpern anſtellen, heiſſen **Verſuche**, wenn wir dabey die Körper nicht blos in dem Zuſtande laſſen, in welchem ſie ſich von Natur und ohne unſer Zuthun befinden, wenn wir ſie vielmehr mit Vorſatz in einen andern Zuſtand verſetzen, um zu ſehen, wie ſie ſich dabey verhalten werden. So iſt es ein Verſuch, wenn man einen ſchweren Körper an der Wage unter Waſſer verſenkt, um zu ſehen, wie viel er dabey von ſeinem Gewichte verlieren werde.

Bey den Worten **Beobachtung** und **Erfahrung** iſt von der Wichtigkeit der Erfahrungen überhaupt, von ihrem Einfluße auf die Geſchichte der Phyſik, der Art ſie anzuſtellen, den Gaben und Eigenſchaften eines Beobachters u ſ. w. zur Gnüge gehandlet werden. Das meiſte hievon wird ſich mit wenigen Abänderungen, die die Natur der Sache ſelbſt an die Hand giebt, auch auf die Verſuche an-

Digitized by Google

wenden laſſen. Hier ſind alſo nur noch wenige Zuſätze nöthig, welche die letztern insbeſondere betreffen.

Dem Experimentator ſteht allerdings ein unendlich weiteres Feld offen, als dem bloßen Beobachter, der nur die freywilligen Wirkungen der Natur bemerkt. Wenn der letztere blos ruhig erwartet, was ihm die Natur von ſelbſt und ungefragt entdecken werde, ſo zwingt ſie dagegen der erſtere, ihm Fragen zu beantworten, die er ihr ſelbſt nach Willkühr vorlegt; wenn der Beobachter nur Wirkungen ſolcher Verbindungen kennen lernt, die die Natur ihrem Plane gemäß ſelbſt hervorbringt, ſo ſteht es dem Experimentator frey, ganze unermeßliche Reihen von möglichen Combinationen zu prüfen, welche die Natur ohne ſein Zuthun nie, oder wenigſtens nicht jetzt und unter ſeinen Augen, würde hervorgebracht haben. Die Verſuche unterwerfen gleichſam die Natur der Herrſchaft des Menſchen, nöthigen ſie, ſeine Fragen zu beantworten, und ſchreiben ihr ſogar Zeit, Ort und Umſtände dieſer Beantwortung vor. Sie gehen über den gewöhnlichen Lauf der Dinge hinaus, und ſchaffen neue Ordnungen von Verhältnißen und Wirkungen.

Die Naturlehre im gegenwärtigen Zuſtande hat ihre auffallenden Vorzüge vor der Phyſik der Alten großentheils den Verſuchen zu danken, welche der ehemaligen Phyſik gänzlich fehlten. Jetzt iſt man von ihrer Nothwendigkeit deſto lebhafter überzeugt, und ſelbſt der Unterricht in der Phyſik wird mit Anſtellung derjenigen Verſuche begleitet, welche den vorgetragnen Sätzen zum Beweiſe dienen, ſ. **Experimentalphyſik.**

Zur Anſtellung der Verſuche ſind dem Phyſiker mancherley **Werkzeuge** nöthig, welche mit den zur Beobachtung gehörigen Werkzeugen zuſammengenommen die **Experimentalgeräthſchaft**, oder den **phyſikaliſchen Apparat** (ſupellex phyſica, *Appareil de phyſique expérimentale*) ausmachen. Es iſt bey Ausarbeitung dieſes Wörterbuchs eine meiner Abſichten geweſen, die vornehmſten dieſer Werkzeuge unter eignen Artikeln zu beſchreiben. Auf mehrere ſolche Artikel wird an der Stelle, welche dem Wor-

Digitized by Google

te Maſchine zugehört (Th. III. S. 142) verwieſen. Beſchreibungen phyſikaliſcher Werkzeuge und der Verſuche ſelbſt liefern die meiſten Anleitungen zur Experimentalphyſik, insbeſondere die von Wolff (Nützliche Verſuche zu genauer Kenntniß der Natur und Kunſt. Halle, 1721—1723. III. Th. 8.), Deſaguliers, s'Graveſande, Nollet und Sigaud de la Fond, ſ. Experimentalphyſik. Die beyden zuletzt genannten Phyſiker haben noch auſſerdem den Werkzeugen und Verſuchen beſondere Werke gewidmet. Nollet (L'art des expériences. à Paris, 1770. To. I—III. 12maj. Nollets Kunſt, phyſikaliſche Verſuche anzuſtellen, a. d. frz. Leipzig, 1771. Th. I. —III. 8.) giebt zur Verfertigung der Werkzeuge, und zur Anſtellung der Verſuche damit, ſchätzbare praktiſche Anweiſungen, und de la Fond (Deſcription et uſage d'un Cabinet de Phyſique expérimentale. à Paris, 1775. To. II. 8.) ſtellt die Beſchreibungen einer groſſen Menge von Werkzeugen und Verſuchen zuſammen.

Die beym Worte Beobachtung vorgeſchriebenen Regeln ſind gröſtentheils auch auf die Anſtellung der Verſuche und die daraus zu ziehenden Folgerungen anwendbar. Es iſt aber bey den Verſuchen überhaupt noch weit mehr Vorſicht, Geſchicklichkeit, Aufmerkſamkeit und Unpartheylichkeit, als ſelbſt bey den Beobachtungen, nöthig. Die Antworten, welche die Natur dem Experimentator giebt, richten ſich nach der Art, wie er ſie fragt, und nach den Werkzeugen und Mitteln, durch welche er ſie zur Antwort nöthiget. Dies ſetzt bey dem, der Wahrheit durch Verſuche finden will, mancherley nicht gemeine Gaben und Geſchicklichkeiten voraus. Er muß nicht nur den Plan zu ſeinen Verſuchen auf eine geſchickte Art anzulegen, alle unnöthigen Verwickelungen zu vermeiden, und den einfachſten Weg zum Ziele zu wählen wiſſen; ſondern er muß auch im Stande ſeyn, die Reſultate der Verſuche, nach den verſchiedenen dabey vorgekommenen Umſtänden, gehörig zu beurtheilen, die eigentliche Antwort auf ſeine an die Natur gerichtete Frage von den Nebenumſtänden, mit welchen ſie ſich bey jedem Verſuche unvermeidlich verwickelt, wieder loszumachen,

Digitized by Google

in ihrer gehörigen Reinigkeit darzuſtellen, und den Grad ihrer Zuverläßigkeit zu ſchätzen. Vorſchriften und Beyſpiele hiezu geben unter andern **Muſſchenbroek** (Orat. de methodo inſtituendi experimenta phyſica vor ſ. Ausgabe der Tentaminum acad. del Cimento. Lugd. Batav. 1731. 4.) und **Hamberger** (Praefat. de cautione in experientiis recte formandis et adplicandis adhibenda, praemiſſa edit. III. Elementor. phyſ. Jenae, 1741. 8.), wiewohl Regeln allein, ohne eigne natürliche Anlage, nie einen guten Experimentator bilden können.

Verſuch, Leidner, ſ. Flaſche, geladne.

Vertheilung, Diſtributio, *Diſtribution*. Wenn unter den in einem Körper vorhandenen Materien oder Kräften das natürliche Gleichgewicht ſo geſtört wird, daß ſie ſich auf einer Seite mehr, oder anders, als auf der andern, zeigen, ohne daß doch dabey ihre Summe geändert wird, ſo heißt ein ſolches Phänomen eine **Vertheilung**. Es wird der Mittheilung entgegengeſetzt, bey welcher wirklich etwas aus einem Körper heraus und in den andern überzugehen, alſo die Summe der Materien oder Kräfte in jedem nicht mehr die vorige zu bleiben ſcheint, ſ. **Mittheilung**.

Bey der Elektricität und dem Magnetismus kommen ſehr merkwürdige Beyſpiele hievon vor, ſ. **Elektricität** (Th. I. S. 736 u. f.), **Magnet** (Th. III. S. 100.), deren Geſetze ſich bey beyden ungemein ähnlich ſind. Die Vertheilung der Elektricität ſcheint in einem Beſtreben nach Mittheilung und Uebergang zu beſtehen, das nur wegen eines Hinderniſſes oder Widerſtandes nicht zum wirklichen Ausbruche kommen kan. Wird es ſtark genug, den Widerſtand zu überwinden, ſo erfolgt daraus eine wirkliche Mittheilung durch Ausſtrömen, Funken oder Schlag, wodurch das Gleichgewicht wieder hergeſtellt wird, und die Phänomene der Vertheilung aufhören. Die Vertheilung des Magnetismus hingegen, die ſich ſonſt nach eben den Geſetzen richtet, hat man bisher noch nie in Mittheilung übergehen ſehen.

Digitized by Google

Vertikal, ſ. Lothrecht.
Vertikalkreis, ſ. Scheitelkreis.
Vertikallinie, ſ. Scheitellinie.

Verwandſchaft, chymiſche, beſondere Anziehung, Wahlanziehung der Stoffe, Affinitas, Attractio electiva *Bergm.*, *Affinité.* Mit dieſen Namen belegen die Chymiker das allgemeine Phänomen, da ſich die Stoffe in der Natur mit andern gleichartigen oder ungleichartigen Stoffen, unter günſtigen Umſtänden, innig verbinden und vereinigen, und zwar ſo, daß ein jeder dieſe Vereinigung immer mit gewiſſen Stoffen inniger und leichter eingehet, als mit andern, ja ſogar die vorigen Verbindungen verläßt, wenn ihm Anlaß zu neuen gegeben wird, zu denen er geneigter iſt. So findet man z. B. den Eſſig ſehr geſchickt, ſich mit der Kreide zu vereinigen, und dieſelbe aufzulöſen. Wird aber in eine ſolche Auflöſung etwas reines Laugenſalz gebracht, ſo verbindet ſich augenblicklich ein Theil des Eſſigs mit demſelben, und läſt die Kreide, mit der er zuvor verbunden war, in trokner Geſtalt zu Boden fallen. Man drückt ſich hierüber ſo aus, daß man ſagt, die Eſſigſäure zeige Verwandſchaft gegen beyde Stoffe, aber ſie ſey näher verwandt mit dem Laugenſalze, als mit der Kreide oder Kalkerde. Dieſe Verwandſchaften laſſen ſich als beſondere Modificationen der Attraction bey der Berührung anſehen, ſ. Attraction.

Die Auflöſungen, Niederſchläge, Zerlegungen und Zuſammenſetzungen der Stoffe, und überhaupt alle Operationen und Verſuche der Chymie, liefern ſo häufige Beyſpiele hievon, und folgen dabey mehrentheils ſo beſtimmten und unveränderlichen Geſetzen, daß es ganz unmöglich iſt, die Sache als Phänomen betrachtet zu läugnen oder nur im mindeſten zu bezweifeln. Die groſſe Menge der hieher gehörigen Erſcheinungen, welche doch alle unter einerley Geſichtspunkt vereiniget werden können und müſſen, macht eine allgemeine Benennung dieſes Phänomens unentbehrlich; und da man hiezu einmal die Namen Verwandſchaft, Affinität, Wahlanziehung angenommen hat,

so ist es billig, hiebey zu bleiben, so viel sich auch etwa gegen die Schicklichkeit dieser Namen möchte einwenden lassen.

Schlechterdings aber darf man in diesen Worten nichts mehr, als Benennungen erwiesener Phänomene, suchen. Die Ursache, warum der Eßig das Laugensalz ergreift, und die Kalkerde losläßt, so wie der Mechanismus, durch welchen diese Veränderungen bewirkt werden, bleiben noch immer unerforschliche Räthsel, wenn man gleich tausendmal sagt, es geschehe durch die nähere Verwandschaft der Säure mit dem Laugensalze. Dieser Ausdruck sagt doch im Grunde nichts mehr, als daß es geschehe. Er bringt nur das Phänomen in Verbindung mit andern durch ähnliche Erfahrungen bewiesenen, und giebt also höchstens eine Erklärung aus den Gesetzen, nicht aus den Ursachen. Aber das muß dem Physiker hier schon genug seyn, s. **Phänomene** (Th. III. S. 457), und mehr, als dieses, in dem Begriffe von Verwandschaften suchen, heißt sich mit einem leeren Wahne täuschen, s. **Qualitäten** (Th. III. S. 594).

Die Phänomene der Verwandschaften sind so mannigfaltig, daß man sie nothwendig in verschiedene Classen ordnen, und deswegen mehrere Arten der Verwandschaft unterscheiden muß. Schon das Bestreben, mit welchem die gleichartigen Theile eines und ebendesselben Körpers zusammenhängen, s. **Cohäsion**, kan den Verwandschaften beygezählt werden, und hat in dieser Rücksicht von einigen den Namen der **mechanischen Verwandschaft, Aggregatsverwandschaft** (affinitas aggregatorum) erhalten. Besser ist es doch, diesen Phänomenen, wozu auch die Rundung und das Zusammenfließen der Tropfen gehört (s. **Tropfen**), den Namen der Cohäsion zu lassen, und durch Verwandschaft blos das Bestreben nach Vereinigung und Zusammenhang bey ungleichartigen Stoffen zu bezeichnen, das man sonst zum Unterschiede von jenem auch die **chymische** oder **Mischungsverwandschaft** (affinitas mixtionis s. synthetica) nennet.

Wenn sich diese Verwandschaft zwischen zween ungleichartigen Körpern zeigen soll, so wird erfordert, daß wenig-

Digitized by Google

stens einer von beyden im flüßigen Zustande sey. Sind beyde fest, so ist die Cohäsion der gleichartigen Theile in jedem Körper für sich zu groß, als daß sie eine Trennung und neue Verbindung derselben gestatten sollte. Ist nun die Flüßigkeit des einen Körpers, oder beyder, schon bey der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre vorhanden, so sagt man, die Verwandschaft zeige sich auf dem nassen Wege; wird sie hingegen erst durch Schmelzung mit Hülfe des Feuers bewirkt, so zeigt sich die Verwandschaft auf dem troknen Wege. Beyde Verwandschaften folgen verschiedenen Gesetzen, weil bey der letztern der Wärmestof als Zwischenmittel mitwirkt.

Ist zwischen einem flüßigen und einem festen Körper die Anziehung so schwach, daß sie nur die Theile des flüßigen, nicht aber die des festen, trennen kan, so zeigt sich blos ein Anhängen des flüßigen an den festen, s. Adhäsion. Ist die Anziehung stark genug, um die Theile beyder Körper aus ihrer vorigen Zusammensetzung zu bringen, so erfolgt eine wirkliche Auflösung. Diese Vorgänge setzen also Verwandschaft voraus: Stoffe, die gar nicht verwandt sind, können weder aneinander anhängen, noch einander auflösen.

Wenn mehr als zwo ungleichartige Stoffe auf einander wirken, so entstehen verwickelte Verwandschaften (affinitates complicatae). Die einfachste Art ist, wenn sich mit zween schon verbundenen ungleichartigen Stoffen noch ein dritter zu einem homogenen Ganzen vereiniget, welches nur geschehen kan, wenn alle drey fast gleich stark mit einander verwandt sind, wie z. B. Gold, Silber und Kupfer.

Wenn man zween Stoffe, die miteinander wenig oder gar keine Verwandschaft haben, vermöge eines dritten verbindet, der mit beyden in Verwandschaft steht (welches Henkel zuerst mit dem Namen der Aneignung belegt hat), so heißt dies eine aneignende, vermittelnde Verwandschaft (affinitas adjuta, appropriata), und der dritte Körper das Zwischenmittel (intermedium, corpus approprians). So sind Oele und Schwefel im Wasser unauf-

löslich; ſie verwandlen ſich aber durch Verbindung mit den Laugenſalzen in Seifen und Schwefelleber, und löſen ſich als ſolche im Waſſer auf, wobey das Laugenſalz als Zwiſchenmittel wirkt. Hievon iſt die **vorbereitende Verwandſchaft** (affinitas praeparans) zu unterſcheiden, wobey ein Körper von einem Auflöſungsmittel nur ſo zertrennt wird, daß er leichter von einem dritten ergriffen werden kan.

Wenn ſich mit einem von zween verbundenen Stoffen ein dritter ſo vereiniget, daß der andere durch ihn abgeſchieden wird, ſo wie das Laugenſalz die Kreide aus der Eſſigauflöſung ſcheidet, ſo heißt dies eine **einfache Wahlanziehung** (attractio electiva ſimplex *Bergm.*), oder, weil hiebey eine Zerſetzung und eine neue Miſchung vorgehet, eine **zerlegende Verwandſchaft mit einfacher Zuſammenſetzung** (affinitas analytica cum ſyntheſi ſimplici *Weigel.*). Hiebey iſt allemal der letzte Theil der abgeſchiedenen Subſtanz ſehr ſchwer zu trennen, und vielleicht die vollkommne Trennung ganz unmöglich, wofern nicht der geringſte Grad der Verwandſchaft der dritten Subſtanz noch ſtärker iſt, als der ſtärkſte Grad der Verwandſchaft der gemiſchten Subſtanzen unter einander ſelbſt war.

Wenn hingegen ein Stof A, der ſelbſt in zween andere a und α zerlegt werden kan, bey der Vermiſchung mit einem zweyten B, der aus b und β zuſammengeſetzt iſt, ſich ſo verbindet, daß eine Umtauſchung der Grundſtoffe vorgeht, nemlich ſich a mit b, und α mit β, verbindet, ſo heißt dies eine **doppelte Wahlanziehung**, oder **doppelt trennende Verwandſchaft** (attractio electiva duplex *Bergm.* affinitas compoſita, affinitas analytica cum ſyntheſi duplici *Weigel*). Ein Beyſpiel hievon zeigt ſich, wenn man zu dem in Waſſer aufgelöſeten Kalkſalpeter das milde angeſchoſſene flüchtige Laugenſalz bringt. Die Luftſäure dieſes Salzes verbindet ſich mit dem Kalke, mit dem ſie eine ſehr ſtarke Verwandſchaft hat, und bildet dadurch rohen Kalk, der im Waſſer niederfällt: das reine flüchtige Laugenſalz und die vom Kalke getrennte Salpeterſäure bleiben im Waſſer aufgelößt, und geben bey der Kryſtalliſation einen ent-

Digitized by Google

zündbaren Salpeter. Hiezu gehört, daß die Summe der Anziehungen zwischen a und b, und zwischen α und β stärker sey, als die Summe derer, so vorher zwischen a und α, und zwischen b und β statt fanden. Dies kan der Fall seyn, wenn gleich die Anziehung zwischen a und b allein genommen, geringer ist, als die zwischen a und α, wofern nur dieses durch die sehr starke Anziehung zwischen α und β ersetzt wird. So kan bey der doppelten Wahlanziehung der Stof a einen andern α verlassen, und sich mit einem dritten b verbinden, mit dem er in der That weniger, als mit α, verwandt ist. Man kan also in solchen Fällen nicht so unbedingt auf die Grade der Verwandschaft schließen, wie etwa bey der einfachen Wahlanziehung.

Nachdem Stahl und Henkel den ersten Grund zu richtigern Begriffen von der besondern Verwandschaft der Stoffe gelegt hatten, so unternahm es zuerst Geoffroy (Table des differens rapports observés en Chimie &c. in Mem. de l'acad. des sc. à Paris, 1718. p. 202. sqq. u. 1720. p. 20. sqq.), die Wirkungen der vorzüglichsten Verbindungen und Zersetzungen der Stoffe in eine Tabelle zu bringen. Solchen Tafeln hat man nachher den Namen der **Verwandschaftstabellen** beygelegt. Diese **Stufenleitern der einfachen Verwandschaften** (scalae affinitatum simplicium) sollen die Ordnung enthalten, in welcher die einfachern Stoffe mit einander näher oder entfernter verwandt sind. Nach dem ersten von Geoffroy gemachten Versuche sind sie vornehmlich von Gellert (Anfangsgr. der metallurg. Chymie, Leipzig, 1751, 1776. 8.), Rüdiger, (System. Anleit. zur Chymie, Leipzig, 1756. 8. Tabelle zu §. 246 — 265), Marherr (Diss. de affinitatibus corporum. Vindob. 1762. 8. übers. von Baldinger, Leipz. 1764. 8.), Baumé (Erl. Experimentalchymie, übers. von J. C. Gehler, Th. I. S. 96 u. f.) Erxleben (Anfangsgründe der Chymie, §. 42 u. f. S. 831 u. f.), Weigel (Grundriß der Chym. Th. I. Tab. III — VI. §. 259 — 281) berichtiget und verbessert worden. Hauptsächlich aber haben die Herren Wenzel (Lehre v. d. Verwandschaft der Körper. Dresden, 1777, 1782. 8.), Wiegleb (Revision

der Lehre von der Verwandſchaft der Körper. Erfurt, 1780. 8.), **Bergmann** (De attractionibus electivis in Nov. Act. Vpſal. Vol. II. p. 159 ſqq. und in Opuſc. phyſ. et chem.) und **Kirwan** (Exp. and Obſ. on the ſpecific gravities and attractive powers of various ſaline ſubſtances. London, 1781. 4. überſ. von **Crell**, Berlin u. Stett. 1783. 8.) dieſe ganze Lehre ihrer Vollkommenheit näher gebracht, und viele in den vorigen Tabellen enthaltene Fehler und Mißverſtändniße gehoben. Eine ſehr vollſtändige Stufenleiter der Verwandſchaften, hauptſächlich aus **Bergmann**, hat Herr **Gren** am Ende ſeines ſchätzbaren Handbuchs der Chemie mitgetheilt.

Die Lehre von den Verwandſchaften, und die Methode, ihre Stufenfolge in Tabellen zu bringen, hat unläugbar ſehr große Schwierigkeiten. Sehr oft ſcheint die Ordnung, die man durch eine gewiſſe Reihe von Verſuchen beſtimmt hatte, durch andere faſt eben ſo deutliche Verſuche wieder umgeſtoßen zu werden. Daher hatte der Graf von **Buffon** (Supplément à l'hiſt. nat. To. I. Paris, 1775.) den Chymiſten den Vorwurf gemacht, daß ſie eben ſo viele beſondere kleine Verwandſchaftsgeſetzchen (*petites loix d'affinité*) annähmen, als es bey den Verbindungen und Trennungen der Körper beſondere Fälle gäbe; und **Monnet** (Traité de la diſſolution des métaux. Amſterd. & Paris, 1775. 8.) hatte das ganze Syſtem der Verwandſchaften ein ſchönes Hirngeſpinſt genannt, das mehr zum Vergnügen der chymiſchen Scholaſtiker, Schwätzer und Tabellenmacher, als zur wahren Aufnahme der Wiſſenſchaft diene — in welchem Tone auch ſchon **Baron** in ſeinen Noten zu **Lemery's** Chymie (Cours de chymie. Paris, 1756. 4.) von den Verwandſchaften geſprochen hatte. **Macquer** macht ſich ein eignes Geſchäft daraus, das Unanſtändige dieſes Tons zu zeigen, und die Verwandſchaftslehre zu vertheidigen; wiewohl nicht zu läugnen iſt, daß in den ältern Tabellen viel willkührlich angenommene Sätze und überhaupt Begriffe herrſchen, die den Qualitäten der Scholaſtiker nicht ganz unähnlich ſind.

Digitized by Google

Bergmann hat endlich mit vielem Scharfsinn die Quellen der Ungewißheit angezeigt, welche über die Versuche dieser Art oft einen so falschen Schein verbreitet. Er setzt es sehr deutlich ins Licht, daß man die häufigen scheinbaren Abweichungen und Ausnahmen nicht für Einwürfe gegen die ganze Lehre von der Beständigkeit der Verwandschaftsgesetze ansehen dürfe. Er findet vor allem andern unumgänglich nöthig, die Verwandschaften auf dem nassen und troknen Wege (attractionem solutionis et fusionis), nach Baume's Vorschlage, ganz von einander zu unterscheiden. So scheint z. B. das flüchtige Alkali mit den Säuren auf dem nassen Wege näher, auf dem troknen entfernter verwandt, als die Metalle; offenbar blos darum, weil es im letztern Falle, seiner Flüchtigkeit halber, sich noch lieber mit dem Feuer, als mit den Säuren, verbindet.

Ferner zeigt er, daß bey den doppelten Wahlanziehungen der Schluß auf nähere Verwandschaft alles dessen, was sich verbindet, überhaupt nicht unbedingt gelte, weil dabey sehr oft Stoffe getrennt werden, die miteinander näher verwandt sind, als diejenigen, die sich vereinigen. Wenn z. B. Auflösungen von Glaubersalz und Kalksalpeter vermischt werden, so verläßt die Vitriolsäure des erstern ihr Mineralalkali, und fällt mit der Kalkerde des letztern als ein Gyps zu Boden. Man würde aber sehr irrig hieraus schließen, daß die Vitriolsäure mit der Kalkerde näher, als mit dem Mineralalkali, verwandt sey. Die Versuche mit einfachen Wahlanziehungen lehren das Gegentheil: denn die Auflösung des Glaubersalzes wird durch Kalkerde nicht zersetzt, da sich hingegen die Auflösung des Gypses durch Mineralalkali allerdings zersetzen und niederschlagen läßt. Mithin ward bey jenem Versuche die Vitriolsäure nur darum vom Mineralalkali getrennt, weil die Verbindung beyder Stoffe von zwoen Kräften zugleich, nemlich von der Anziehung der Kalkerde gegen die Vitriolsäure, und der starken Anziehung der Salpetersäure gegen das Mineralalkali, angegriffen ward.

Solchemnach sollte man die Verwandschaftstafeln lediglich auf solche Versuche gründen, welche mit reinen einfachen

Digitized by Google

Wahlanziehungen angestellt wären. Aber wie viel giebt es wohl dergleichen? Wie schwer ist es, die einfachen Stoffe in ihrer höchsten Reinigkeit zu erhalten? Und wenn man auch diese Absicht aufs vollkommenste erreicht hätte, so wirken dennoch bey jedem Versuche Wärmestof, Phlogiston, Luft, Wasser unvermeidlich mit, so daß man statt der drey Stoffe, die die einfache Wahlanziehung erfordert, deren allemal mehrere hat, welche die Substanzen mehr oder weniger verändern, und versteckter Weise eine doppelte, oder wohl noch mehr complicirte, Wahlanziehung hervorbringen. So treibt z. B. die Salpetersäure den Salzgeist aus dem Kochsalze; dagegen treibt aber auch die gemeine Salzsäure (welche sehr stark phlogistisirt ist) die Salpetersäure aus dem cubischen Salpeter. Darum darf man aber die Verwandschaft des Mineralalkali gegen Salpetersäure und Salzsäure nicht schwankend nennen. Dieses Alkali ist allerdings mit der reinen Salpetersäure stärker, als mit der Salzsäure, verwandt; kömmt aber Phlogiston hinzu, so ist die Verwandschaft zwischen diesem und der Salpetersäure noch stärker.

Aehnliche Ausnahmen entstehen aus den verschiedenen Graden der Auflöslichkeit und Zersetzbarkeit der Substanzen, und aus ihrer verschiedenen Fähigkeit, sich mit andern übersättigen zu lassen. Ein Beyspiel eines solchen Räthsels in der Verwandschaftslehre, das Bergmann hieraus sehr glücklich erklärt hat, ist beym Worte Salpetersäure (Th. III. S. 763) erwähnt worden.

Wenn sich durch diese Betrachtungen auf einer Seite die Absicht rechtfertiget, bestimmte und unveränderliche Verwandschaftsgesetze aufzusuchen, so erhellet daraus auch anderer Seits, welch ein unendlich schweres Geschäft es sey, zuverläßige Tafeln darüber zu verfertigen. Bergmann, welcher die weitläuftigste und beste Tafel in 50 Columnen geliefert, und dabey die Verwandschaften jedes Stofs auf dem nassen und troknen Wege besonders angezeigt hat, erinnert, daß zu diesen Bestimmungen mehr als 3000 sorgfältige Versuche nöthig gewesen sind. Ueberdies schränken sich alle bisherige Tafeln blos auf die Ordnung oder Stufenfolge

der Verwandschaften ein, und lehren noch nichts über den Grad und das Verhältniß ihrer Stärke.

Wir sind also bey den Verwandschaften oder Anziehungen der Körper bey der Berührung, noch sehr weit von derjenigen Vollkommenheit entfernt, welche Newton dem freylich weit einfachern Gesetze der Gravitation, oder Anziehung entfernter Massen, durch die demselben beygefügte mathematische Bestimmung, gegeben hat, s. Attraction (Th. I. S. 171 u. f.).

Newton selbst scheint geneigt, die Anziehung beym Berühren von der Gravitation ganz zu unterscheiden. Auf die Vermuthung eines solchen wesentlichen Unterschieds leitet auch schon der Umstand, daß sich die Gravitation blos nach der Menge der Masse, die Verwandschaft hingegen nach der innern Beschaffenheit der Grundstoffe richtet, wiewohl dieser Umstand auch seinen Grund blos in der Form, Dichtigkeit ꝛc. der kleinsten Theile haben könnte. Auf diesen letztern Gedanken hat unter andern Herr le Sage sein Lehrgebäude einer mechanischen Chymie gegründet, welches Herr de Lüc nie anders, als mit den grösten Lobsprüchen, anführt, weil es den ganzen Mechanismus aller Naturgesetze erkläre, und die Ursachen der Gravitation, Schwere, Cohäsion, Verwandschaften u. s. w. richtig angebe. So glaubt auch Wenzel (Lehre von der Verw. S. 7), daß die Verwandschaft von der allgemeinen Anziehungskraft nicht unterschieden sey, und ihre besondern Modificationen nur durch die Gestalt und Dichte der einzelnen Theile der Körper erhalte, welche der Anziehung durch die verschiedne Menge und Lage der Berührungspunkte eine verschiedene Stärke und Richtung gebe.

Andere suchen die Ursache der besondern Verwandschaften in der Gleichartigkeit oder Aehnlichkeit der Bestandtheile. Diesen widerspricht aber die Beobachtung, daß, wenn sich zwo Substanzen bis zum Sättigungspunkte verbunden haben, das hieraus entstehende Gemisch sich, aller Gleichartigkeit ungeachtet, nicht leicht mit einem seiner Bestandtheile übersetzen läst, und daß es bey der Behauptung dieses Satzes überhaupt sehr schwer wird, die Entstehung von

Digitized by Google

so mancherley Gemischen aus lauter gleichartigen Theilen zu erklären.

Ich bin weit entfernt, es zu tadeln, daß man einer weitern physischen Ursache der Verwandschaften nachforscht. Ich habe selbst dafür gewarnt, das Wort Verwandschaft für mehr, als Benennung, zu halten, und etwa eine Ursache, geschweige denn eine letzte, oder eine wesentliche Eigenschaft der Materie, darin zu suchen. Dies würde hier noch unschicklicher seyn, als bey der Gravitation, weil bey den Verwandschaftsgesetzen noch weit mehr besondere Bestimmungen, als bey dem Gesetze der Gravitation, vorkommen. Also muß es weitere Ursachen geben, denen nachzuforschen, an sich eine sehr löbliche Bemühung ist.

Aber was man auch etwa wahrscheinliches über diese Ursachen vorbringen mag, das wird doch immer äusserst ungewiß und schwankend bleiben, so lange unsere Erfahrungen nicht bis auf die ursprüngliche Gestalt der Urstoffe und kleinsten homogenen Bestandtheile der Körper eindringen können. Man kan mit sehr sinnreich erklären, wie ein Phänomen daraus erfolge, weil gewisse Theile der Materie länglich sind, oder sich um eine Axe drehen. Aber um zu wissen, ob man mich Wahrheit lehre, fordere ich, mir zu beweisen, oder zu zeigen, daß sie länglich sind, und daß sie sich drehen. So lang man mir diesen Beweiß schuldig bleibt, bürgt ja auch niemand dafür, daß es nicht in der wirklichen Welt ganz anders aussehe, als in dem Ideale ihres Erklärers. Diesemnach scheint es weit rathsamer, auf dem Wege der Erfahrung zu bleiben, und vor allem andern an vollkommnern und, wo möglich, mathematischen Bestimmungen der Gesetze zu arbeiten.

Macquer chymisches Wörterbuch, durch Leonhardi. Art. Verwandschaft.

Erxleben Anfangsgr. der Naturlehre. 4te Auflage, durch Lichtenberg. §. 201 l. u. f.

Gren systematisches Handbuch der ges. Chemie, Th. I. §. 40 u. f.

Vesicularsystem, Systema vesiculare, *Système vesiculaire.* So nennt man dasjenige System, welches das

Aufsteigen der Dünste in der Luft, oder wenigstens die Erhaltung derselben unter der Gestalt der Nebel und Wolken, aus der Erzeugung hohler Bläschen erklärt. Jetzt ist es durch wirkliche Beobachtung entschieden, daß die sichtbaren Dünste, d. i. Nebel und Wolken, wirklich aus solchen Bläschen bestehen, dergleichen man anfangs ohne Erfahrungen annahm. Dies ist also ein Beyspiel einer Hypothese, welche in der Folge zur erwiesenen Wahrheit geworden ist. Was die unsichtbaren Dünste betrift, so ist man über deren Erklärung noch nicht einig, indem manche die Verdünstung für eine Auflösung des Wassers oder Wasserdampfs in der Luft, andere hingegen für eine bloße Vermengung beyder Stoffe halten. Gewöhnlich nehmen doch beyde Theile an, daß die Bläschen nur dann vorhanden sind, wenn die Dünste sichtbar werden. Das vornehmste aus dem Vesicularsystem findet man bey den Worten Ausdünstung (Th. I. S. 208.) und Dünste (Th. I. S. 627. u. f.).

Vexirbecher, s. Heber (Th. II. S. 582.)

Vibration, s. Schwingung.

Vibrationssystem, Systema vibrationis, *Système de vibration.* Diesen Namen führt überhaupt eine jede Theorie, welche gewisse Phänomene aus Schwingungen erklärt, die sich in einem elastischen Mittel fortpflanzen. Vom Schalle ist es entschieden, daß er sich auf diese Art durch die Luft und andere elastische Materien fortpflanze, s. Schall. Bey diesem Worte (Th. III. S. 805. u. f.) sind auch die Gesetze angegeben, nach welchen sich Newtons Theorie zufolge die wellenförmigen Bewegungen in elastischen flüßigen Mitteln verbreiten, welche man als allgemeine Gesetze ansehen kan, die für jede Anwendung des Vibrationssystems gelten müssen.

Daß sich nun auch das Licht, auf eine dem Schalle ähnliche Art, durch Schläge oder Schwingungen eines äusserst feinen elastischen Mittels fortbewege, war schon ein Gedanke des Aristoteles, den in neuern Zeiten Huygens (Traité de la lumiere. Leide, 1690. 4.) und vorzüglich Euler (Nova theoria lucis et colorum

in Opusc. var. arg. Berol. 1746. 4.) mehr ausgeschmückt und auf die neuern Entdeckungen über Licht und Farben angewendet haben. Diese Theorie des Lichts ist besonders unter dem Namen des **Vibrationssystems** bekannt, und wird dem newtonischen Emanations- oder Emissionssysteme entgegengesetzt, welches das Licht aus wirklichen vom leuchtenden Körper ausgehenden Theilchen erklärt, s. **Emanationssystem**. Von beyden Systemen s. die Artikel: **Licht, Farben**.

Auch die Phänomene des Feuers haben einige der grösten Naturforscher durch eine Anwendung des Vibrationssystems zu erklären gesucht, die aber jetzt keinen Beyfall mehr finden kan, da man weiß, was für beträchtliche Veränderungen der Mischung durch Verbrennung, Verkalkung u. s. w. sowohl in den brennbaren Körpern, als auch in der Luft, hervorgebracht werden, deren Beschaffenheit aus bloßen Schwingungen schlechterdings nicht begreiflich wird. Ueberhaupt stehen bey den Erscheinungen des Feuers dem Vibrationssystem unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen, die ich schon beym Worte **Feuer** (Th. II. S. 208 u. f.) angeführt habe.

Vitriol, Vitriolum, *Vitriol.* Dies ist, im weitläuftigsten Sinne genommen, eine allgemeine Benennung derjenigen Mittelsalze, welche aus der Verbindung der Vitriolsäure mit einer metallischen Basis bestehen. Sonst gieng man wohl gar so weit, alle metallische Mittelsalze, welche Säure sie auch enthalten mochten, Vitriole zu nennen, welches aber Verwirrung veranlasset. Insbesondere gehört dieser Name dreyen Arten der vitriolsäurehaltigen metallischen Salze, nemlich dem Eisen- Kupfer- und Zinkvitriol.

Der **Eisenvitriol, grüne Vitriol, das grüne Kupferwasser** (Vitriolum Martis, anglicum, viride, Chalcanthum viride, *Vitriol de Mars ou d'Angleterre, Vitriol verd, Couperose verte*) ist ein schön grünes Salz in durchsichtigen rhomboidalischen Krystallen, von einem säuerlich zusammenziehenden, etwas kaustischen, Geschmacke,

Digitized by Google

welches nach Bergmann 0,23 Eisen, 0,39 Vitriolsäure und 0,38 Wasser enthält, und bey der mittlern Temperatur der Luft 6 Theile Wasser zur Auflösung erfordert. Man kan dieses Salz aus jeder Auflösung des Eisens in Vitriolsäure durch Abrauchen und Abkühlen erhalten; aber den gemeinen verkäuflichen Eisenvitriol gewinnt man mehrentheils aus den Schwefelkiesen, aus welchen er sich durch ihre Verwitterung bildet, indem das Phlogiston ihres Schwefels an die Luft tritt, und die Vitriolsäure ins Eisen greift. Eben so gewinnt man ihn auf den Schwefelhütten aus den schon erschöpften Schwefelbränden, und an einigen Orten bey der Alaunbereitung. Der gemeine Eisenvitriol ist fast immer kupferhaltig, und muß erst gereiniget werden, indem man Eisen in die Auflösung legt, woran sich das Kupfer ansetzt, s. Cementwasser. Ueber dem Feuer zergeht der Eisenvitriol in seinem Krystallisationswasser, und verwandlet sich durch dessen Verdampfung in weißgraues, bey fortgesetztem Brennen aber in gelbes und endlich in rothes Pulver. Man gebraucht ihn vorzüglich zur Färberey und zu Bereitung des Vitriolöls.

Der Kupfervitriol, blaue Vitriol, das blaue Kupferwasser (Vitriolum Veneris s. cupri, cyprium, coeruleum, Chalcanthum coeruleum, *Vitriol de cuivre, bleu, Couperose bleue*) ist ein Salz in blauen länglich rhomboidalischen oder breiten sechsseitig prismatischen, an den Enden schief abgestumpften Krystallen, von einem zusammenziehend säuerlichen, ätzenden und widrigen Geschmacke, welches nach Bergmann 0,26 Theile Kupfer, 0,46 Theile Vitriolsäure und 0,28 Theile Krystallenwasser enthält, und bey 50 Grad Wärme nach Fahrenheit fast 4 Theile Wasser zur Auflösung erfordert. Man kan dieses Salz aus der Auflösung des Kupfers in Vitriolsäure erhalten; gewöhnlich aber wird es entweder aus den gerösteten und zerfallenen Kupferkiesen, oder aus dem gerösteten Kupferrohsteine gewonnen, wie es sich denn auch aus dem mit Schwefel gebrannten Kupfer bereiten läst. Hin und wieder findet es sich auch natürlich, entweder in fester Gestalt, oder aufgelöset, als Cementwasser. Im Feuer zergeht der Kupfer-

Digitized by Google

vitriol in ſeinem Kryſtallenwaſſer, wird aber hierauf feſt, und läſt nur bey ſehr ſtarkem Feuer in Deſtillirgefäßen einen Theil ſeiner Säure fahren.

Der **Zinkvitriol, weiße, goslariſche Vitriol, weiſſes Kupferwaſſer, Gallitzenſtein** (Vitriolum Zinci, album, Goslarienſe, Chalcanthum album, *Vitriol de Zinc, blanc de Goslar, Couperoſe blanche*) iſt ein Salz von weißen, vierſeitig prismatiſchen Kryſtallen, wovon zwey entgegengeſetzte Seitenflächen breiter, als die andern, ſind, mit vierſeitig pyramidaliſchen Endſpitzen. Es hat einen zuſammenziehenden, ſäuerlichen, beizenden Geſchmack, enthält nach Bergmann 0,20 Theile Zinkkalk, 0,40 Vitriolſäure und 0,40 Kryſtallenwaſſer, und erfordert bey 50 Grad Wärme $2\frac{1}{2}$ Theile Waſſer zur Auflöſung. Man bereitet den weiſſen Vitriol im Großen zu Goßlar aus einem Zinkerze des Rammelsbergs, welches Bley, Silber, viel Schwefel, Eiſen- und Kupferkies enthält. Man hat ihn lange verfertigt, ohne ſeine wahre Zuſammenſetzung zu kennen, welche von **Geoffroy** (Mém. de Paris. 1727) gemuthmaßet, aber erſt von **Brandt** (Abhdl. von den Halbmetallen, aus den Abhandl. der Geſ. der Wiſſ. zu Upſala, B. IV. J. 1735. S. 1. überſ. in Crells neuem chem. Archiv B. II. S. 299) zuverläßig entdeckt worden iſt. In der Hitze zergeht er in ſeinem Kryſtallenwaſſer, und hinterläßt eine ſtrengflüßige Maſſe, aus der ſich nur bey anhaltendem ſtarken Feuer die Säure vertreiben läſt.

Macquer chymiſches Wörterbuch, Art. Vitriole.
Gren ſyſtematiſches Handbuch der Chemie. II. Th. 2 B. §. 2770 u. f. 2497 u. f. 2980 u. f.

Vitriolgeiſt, ſ. **Vitriolſäure.**

Vitriolöl, ſ. **Vitriolſäure.**

Vitriolſäure, Acidum vitrioli, *Acide vitriolique.* Dieſen Namen führt eine eigne mineraliſche Säure, die einen Beſtandtheil der Vitriole ausmacht, und ehedem hauptſächlich aus dem Eiſenvitriole bereitet ward (wie auch noch jetzt häufig geſchieht). Nach **Bechers** und **Stahls** Grundſätzen iſt ſie für die reinſte und einfachſte aller Säu-

Digitized by Google

ren, mithin auch aller salzartigen Substanzen, angesehen worden. Sie hat auch, wenn sie vollkommen rein ist, weder Farbe noch Geruch, und gleicht hierinn vollkommen dem Wasser.

Wenn man den Eisenvitriol in einer irdenen Retorte calcinirt, so erhält man zuerst daraus ein bloßes Wasser. Hält man aber den Vitriol bis zum Rothwerden in der Hitze, so wird die übergehende Feuchtigkeit zuletzt ziemlich sauer, und giebt den insgemein sogenannten **Vitriolgeist, Vitriolspiritus** (Spiritus Vitrioli). Wenn man aber den schon vorher roth gebrannten Eisenvitriol in dazu schicklichen Gefäßen bey einem Feuer destillirt, das nach und nach bis zur größten Heftigkeit verstärkt wird, so geht in die Vorlage eine **concentrirte Vitriolsäure** über, der man wegen ihrer Consistenz den sehr unschicklichen Namen des **Vitriolöls** (Oleum vitrioli) gegeben hat. Auf diese Art geschieht die Bereitung im Großen vorzüglich gut zu Nordhausen.

Das Vitriolöl ist eine sehr starke Säure, welche in die Haut ätzt und einbrennt. Es ist zwar eigentlich weiß, wird aber durch Berührung aller brennbaren Dinge braun gefärbt und der Natur der flüchtigen Schwefelsäure näher gebracht, s. **Schwefelsäure**. Das nordhäuser verkäufliche Vitriolöl ist schon braun, stößt an der Luft weißgraue Dämpfe aus, und verbreitet einen Schwefelgeruch, den das weiße Vitriolöl nicht hat. Durch gelindes Abdampfen im Sandbade kan man ihm sowohl das wässerichte, als auch den flüchtigen Antheil, benehmen, und es also nicht nur concentrirter und stärker machen, sondern auch dem braunen die weiße Farbe wiedergeben.

Das eigenthümliche Gewicht eines guten Vitriolöls ist fast doppelt so groß, als das Gewicht des Wassers. Gewöhnlich setzt man es = 1,800, wiewohl **Bergmann** das zuletzt übergehende auf 2,125 mal schwerer, als Wasser gefunden hat. Zum Sieden erfordert es eine beträchtliche Hitze, die bis auf 546 fahrenheitische Grade geht. Das weiße, starke gefriert sehr spät, und erst bey — 30 Grad nach Fahrenheit. Das sehr starke braune nordhäuser aber

Digitized by Google

giebt schon bey mäßiger Kälte in verschloßnen Gefäßen spiessigte Krystalle, die an der Luft wieder zerfließen. Dergleichen heißt **Eisöl, eisartiges Vitriolöl** (Oleum vitrioli glaciale). Diese Eigenschaft hängt von eben dem flüchtigen Theile ab, der das Rauchen veranlaßt, und den man durch eine gelinde Destillation davon treiben kan. Man erhält ihn alsdann in einer stark erkälteten Vorlage unter der Gestalt des flüchtigen **Vitriolsalzes**, das an der Luft sehr raucht, bald zerfließt, und endlich wieder eine gewöhnliche Vitriolsäure liefert.

Gegen das Wasser hat das Vitriolöl einen sehr starken Hang, daher es auch die Feuchtigkeit aus der Luft begierig an sich nimmt, und dadurch mehr Gewicht erhält (s. *Gould* of the increase of weight in Oil of Vitriol exposed to the Air in Philos. Trans. N. 156. p. 496). **Neumann** (Chym. med. To. II. p. 1186.) sahe, daß eine Unze Vitriolöl innerhalb eines Jahres an der Luft 6 Unzen, 2 Quentchen Zuwachs am Gewichte erhielt, und **Baumé** (Erl. Experimentalchymie, Th. I. S. 333.) fand 2 Quentchen der stärksten Vitriolsäure in einem flachen Gefäße an die Luft gestellt, nach 5 Tagen eine Unze und 54 Gran schwer.

Die Vermischung des Vitriolöls mit Wasser bringt eine heftige Hitze, ein mit Dämpfen begleitetes Aufwallen, und ein Geräusch hervor, als ob man ein glühendes Eisen ins Wasser tauchte. Mehrere Chymisten sind dadurch verleitet worden, die Vitriolsäure für etwas dem Feuer ähnliches zu halten. Weit natürlicher aber läst sich diese Erscheinung aus der Befreyung des vorher in beyden Materien gebundenen Wärmestofs herleiten, den das aus beyden entstehende Gemisch nicht mehr fassen kan. Hieraus erklärt sich auch die Beobachtung des Herrn **Achard** (Chemisch phys. Schriften S. 293 u. f.), daß ein Thermometer, dessen Kugel in starke Vitriolsäure getaucht wird, wenn man die Verdünstung mit einem Blasebalge befördert, nicht wie gewöhnlich fällt, sondern vielmehr steigt, weil sich die Säure mit der aus der Luft angezognen Feuchtigkeit erhitzt.

Durch Verdünnung eines Theils von weißem Vitriolöl mit 2 — 3 Theilen Wasser bereitet man sehr bequem den

Digitized by Google

gewöhnlichen **Vitriolgeist.** Man muß nicht das Wasser ins Vitriolöl gießen, sondern umgekehrt dieses behutsam ins Wasser tröpfeln. Rauchendes Vitriolöl verliert dadurch alle rauchende Eigenschaft.

Die Anziehung der Vitriolsäure gegen das brennbare Wesen ist ungemein stark. Diese beyden Stoffe bilden, so lang ihre innige Verbindung durch das beygemischte Wässerichte gehindert wird, die **flüchtige Schwefelsäure** oder **phlogistisirte Vitriolsäure**, bey mehrerer Entwässerung und vollkommner Sättigung aber den **Schwefel** s. Schwefelsäure, Schwefel. Wenn man 4 Theile Vitriolöl und 1 Theil Pflanzenöl bey gelindem Feuer mit vorgeschlagnem Wasser destillirt, so geht flüchtige Schwefelsäure über; setzt man aber nachher die Destillation bey stärkerm Feuer fort, so sublimirt sich im Halse und Gewölbe der Retorte ein wahrer Schwefel.

Durch Verbrennung des Schwefels in verschloßnen Gefäßen, worinn sich Wasser oder Wasserdämpfe befinden, wird das Wasser nach und nach mit der flüchtigen Säure des Schwefels stark imprägnirt, und es kan durch Ausstellen an die Luft das Schwefelichte und durch Destillation im Sandbade das Wässerichte davon getrieben, und ein gewöhnliches Vitriolöl daraus erhalten werden. Auf diese Art bereitet man aus dem Schwefel das wohlfeilere **englische Vitriolöl**, indem man in großen gläsernen oder bleyernen Gefäßen Schwefel mit Salpeter verpuffen läßt, da die Verpuffung wegen der aus dem Salpeter entbundnen dephlogistisirten Luft auch in verschloßnen Gefäßen von statten geht. Es ist aber diese Arbeit wegen der langsamen Verbindung der Schwefeldämpfe mit dem Wasser, wegen des öftern Verlöschens, welches die Gefäße zu öfnen und das Gemisch wieder anzuzünden nöthigt, und wegen der Schädlichkeit der Schwefeldämpfe beym Einschlucken, sehr beschwerlich. Die so erhaltene Vitriolsäure ist nie so concentrirt, als das nordhäuser Vitriolöl, und mit fremden Stoffen vermischt.

Die Vitriolsäure gehört zu den kräftigsten chymischen Auflösungsmitteln. Sie löset die drey Laugensalze sehr

leicht, und wenn sie mild sind, mit Vertreibung ihrer Luftsäure, also unter starkem Aufbrausen, auf, und bildet mit dem Gewächslaugensalze den vitriolisirten Weinstein, mit dem Mineralalkali das Glaubersalz, mit dem flüchtigen Alkali Glaubers geheimen Salmiak. Da sie mit allen Laugensalzen stärker verwandt ist, als die Salpeter- und Salzsäure, so treibt sie diese Säuren aus den Neutralsalzen, in welchen sie enthalten sind, und setzt sich an die Stelle derselben. Dies ist das Mittel, aus dem Salpeter und Kochsalze ihre Säuren zu scheiden, indem man sie mit Vitriolöl destilliret, s. Salpetersäure, Salzsäure. Die vitriolischen Neutralsalze haben übrigens eine Neigung, sich mit Vitriolsäure zu übersättigen. Daher geschieht es oft, daß ein Theil dieser Salze wirklich von der Salpetersäure angegriffen wird, weil er seine Vitriolsäure an den andern Theil abgeben kan, ohne daß man daraus einen Einwurf gegen die Lehre von der Beständigkeit der Verwandschaften herleiten darf.

Auch mit den absorbirenden Erden verbindet sich die Vitriolsäure sehr innig zu Mittelsalzen, von denen die meisten eben wegen dieser genauen Verbindung im Wasser schwer auflöslich sind. So giebt sie mit der Kalkerde den Selenit, mit der Schwererde den ganz unauflöslichen Schwerspath, mit der Thonerde den Alaun. Mit der Bittersalzerde bildet sie das leicht auflösliche Bittersalz; auf die Kieselerde aber zeigt sie gar keine Wirkung.

Unter den reguliniſchen Metallen greift sie Gold und Platina (auch das Wolframmetall) gar nicht, die meisten übrigen nur im concentrirten Zustande und mit Hülfe der Hitze, an. Dagegen werden Eisen, Zink und Braunsteinkönig von ihr sehr leicht (zum Theil von verdünnter Vitriolsäure noch leichter, als von concentrirter) und mit Entwickelung häufiger brennbarer Luft, aufgelöset. Auch lösen sich die Kalke der Metalle in ihr auf, wenn man sie vorher aus den Auflösungen in andern Säuren durch Laugensalze niedergeschlagen hat. Mit diesen metallischen Substanzen geht sie eine desto innigere Verbindung ein, je weniger sie ihnen Brennbares entzogen hat, und erzeugt mit

Digitized by Google

ihnen kryſtalliſationsfähige Mittelſalze, welchen allen der Name der Vitriole in ſeiner allgemeinern Bedeutung beygelegt wird, ſ. Vitriol. Bey den Auflöſungen metalliſcher Subſtanzen in Vitriolſäure entſteht ein mehr oder weniger ſtarkes Aufbrauſen, und es entbindet ſich entweder Schwefelluft, ſ. Gas, vitriolſaures, wie beym Queckſilber, Silber, Bley, Kupfer ꝛc. oder brennbare Luft, wie beym Eiſen und Zink, oder es erzeugt ſich auch wohl in der Auflöſung ſelbſt ein Schwefel, wie Macquer und Baumé beym Zinn bemerkt haben.

Nach Macquer greift die Vitriolſäure bey der Auflöſung der Metalle vorzüglich ihr Brennbares an, entzieht es denen, die ſich deſſelben leicht berauben laſſen, verkalkt ſie dadurch mehr oder weniger, und verbindet ſich mit den metalliſchen Erden um ſo viel ſchwerer, je mehr dieſelben, es ſey auf welche Art es wolle, von ihrem Brennbaren verlohren haben.

Auf Oele und alle öligte Materien wirkt die concentrirte Vitriolſäure mit vieler Kraft, erhitzt ſich mit ihnen unter ſtarkem Aufwallen, entwickelt eine Menge Schwefelluft, und verwandlet den Rückſtand in ein ſchwarzes harziges Gemiſch. Verdünnte Vitriolſäure hingegen ſcheint durch das Waſſer faſt an aller Wirkung auf die Oele gehindert zu werden.

Mit dem Weingeiſte zu gleichen Theilen oder auch nur zur Helfte vermiſcht, giebt die concentrirte Vitriolſäure, unter ſtarkem Aufwallen, Geräuſch und Hitze Hallers ſaures Elixir oder Rabels Waſſer, einen Liquor von dunkler Farbe und dem Geruche des Malagaweins, aus dem ſich durch Deſtillation der Vitriolæther bereiten läſt, ſ. Aether. Nimmt man zu 5 bis 6 Theilen Alkohol nur einen Theil Vitriolöl, ſo heißt dieſer Liquor Dippels ſaures Elixir, und giebt durch die Deſtillation ſtatt des Aethers den verſüßten Vitriolſpiritus oder Hofmanns ſchmerzſtillenden Geiſt (Spiritus vitrioli dulcis, liquor anodinus *Hofm.*), den man ſonſt auch durch eine Auflöſung des Vitriolæthers in 6 Theilen Weingeiſt erhalten kan.

Digitized by Google

Reine Vitriolsäure findet man von Natur selten oder gar nicht, ohne Zweifel wegen der häufigen Verbindungen, in welche dieselbe mit so mannigfaltigen Körpern treten kan. Doch bemerkt Bergmann (Nov. Act. Vpsal. Vol. III. p. 91.), daß bey Viterbo und an andern Orten, wo Schwefel durch unterirdisches Feuer verbrannt ist, eine verdünnte Vitriolsäure aus Felsenritzen hervorquelle. Desto häufiger findet man sie mit dem Brennbaren vereiniget in Gestalt des Schwefels und der Erdharze, mit Erden verbunden als Selenit, Bittersalz, Alaun und Schwerspath, mit metallischen Substanzen, als gediegenen Vitriol, mit dem Mineralalkali neutralisirt als Glaubersalz, wovon in den meisten Wassern, besonders den kochsalzhaltigen, ein Antheil enthalten ist. Eben so häufig findet sich in den Stoffen des Thier- und Pflanzenreichs der vitriolisirte Weinstein; und überhaupt ist die Vitriolsäure so allgemein verbreitet, daß man Spuren von ihr bey der Untersuchung der meisten natürlichen Körper antrift.

Ob nun diese in der Natur verbreitete Vitriolsäure sich ursprünglich in dem Zustande des Schwefels befunden, und durch dessen Verbrennung und Zersetzung entbunden erst die metallischen und erdigten Mittelsalze erzeugt habe; oder ob sie vielmehr ursprünglich mit den erdigten und metallischen Stoffen vereiniget gewesen, und durch ihre vorzügliche Neigung gegen das Brennbare diesen entzogen, und zur Bildung des im Innern der Erde enthaltenen Schwefels verwendet worden sey, das läst sich keinesweges bestimmen. Die Kunst kan die Verbindungen dieser Säure nach Verschiedenheit der Umstände auf beyderley Art verändern, und vielleicht hat sich auch die Natur des einen Weges, sowohl, als des andern, bedient.

Meinungen mehrerer Chymisten über das Wesen und die Beschaffenheit der Vitriolsäure sind bereits bey den Worten Salze, Säuren erwähnt worden. Diejenigen, welche alle Säuren auf eine einzige zu bringen suchten, sahen die Vitriolsäure wegen der Einfachheit und Innigkeit ihrer Verbindungen für die allgemeine Säure (acidum catholicum, primigenium) an, welche die Basis der übrigen

ausmache. Andere glaubten sie mit der Natur des Feuers verwandt, weil sie alle Aetz- und Auflösungskraft überhaupt dem Feuer, oder dem Kaustikum, zuschrieben. In der neuern Chymie hat man sie mehrentheils für einen eignen, sehr einfachen, Stof gehalten, bis erst seit kurzem das antiphlogistische System einen andern Begrif von ihr angenommen, und sie für eine Zusammensetzung aus Schwefel und Sauerstof erklärt hat. Dem zufolge soll der Schwefel noch ein einfacherer Stof, als diese Säure, seyn, die man sonst allgemein für eine der einfachsten Substanzen anerkannte.

Nach der neuern Nomenclatur dieses Systems heißt die Vitriolsäure Acidum sulfuricum (*Acide sulfurique*), da hingegen die flüchtige Schwefelsäure, welche des Sauerstofs mehr beraubt und mit Wasser verbunden seyn soll, Acidum sulfurosum (*Acide sulfureux*) genannt wird. Die mit der Vitriolsäure gebildeten Neutral- und Mittelsalze bekommen den Namen Sulfates, z. B. der vitriolisirte Weinstein Sulfas potasae, der Eisenvitriol Sulfas ferri; die mit der Schwefelsäure erzeugten heißen Sulfites, z. B. Stahls Schwefelsalz Sulfis potassae, die Schwefellebern Sulfureta (*Sulfures*).

Macquer chymisches Wörterbuch, Art. Vitriolsäure.
Gren systematisches Handbuch der ges. Chemie, I. Theil, §. 639 u. f.

Vitriolsaure Luft, s. **Gas, vitriolsaures.**

Vollmond, Plenilunium, *Pleine Lune*. Diesen Namen giebt man der Erscheinung der völlig erleuchteten Mondscheibe, oft auch der Zeit, da wir diese Erscheinung sehen, s. **Mondphasen.**

Die Mondscheibe erscheint uns ganz erleuchtet, wenn der Mond unserm Auge gerade eben diejenige Helfte seiner Kugel zuwendet, die in diesem Augenblicke auch gegen die Sonne gekehrt ist, wie in der Stellung bey c Taf. XVII. Fig. 58. In dieser Stellung wird er von T aus, oder von der Erde, der Sonne S gegenüber, d. i. in **Opposition** mit der Sonne gesehen. Er geht alsdann auf, wenn die

Sonne untergeht, und wieder unter, wenn sie aufgeht, und ist demnach die ganze Nacht hindurch sichtbar. In diese Lage von T gegen c zu, oder der Sonne S gegenüber, fällt auch allemal der Erdschatten, der also nie anders, als zur Zeit des Vollmonds, den Mond treffen, und eine **Mondfinsterniß** verursachen kan.

Die Erscheinung des Vollmonds fällt in die Mitte eines jeden Mondwechsels, im Durchschnitte genommen, 14 Tage 18 Stunden 22 Min. nach dem Augenblicke des Neumonds. Sie halbirt die Reihe der Mondserscheinungen so, daß vor ihr der Mond zunehmend, nach ihr abnehmend ist; vor ihr des Abends sichtbar ist und während der Nacht untergeht, nach ihr aber in der Nacht erst aufgeht, und bis zu Sonnenaufgang sichtbar bleibt.

Im Vollmonde werden die Ungleichheiten oder Flecken, welche um die Mitte der sichtbaren Mondscheibe stehen, von der Sonne fast senkrecht beschienen, und werfen daher auf den benachbarten Grund sehr kurze Schatten. Dies macht, daß man im Vollmonde überhaupt wenig solche Schlagschatten sieht, und daß die Flecken zu dieser Zeit ein ganz anderes Ansehen haben, als wenn sie in den übrigen Phasen näher an der Grenze des erleuchteten Theils gesehen werden.

Volumen, Inbegrif, körperlicher Inhalt, Umfang, Volumen, *Volume.* So nennen die Physiker die Größe des körperlichen Raums, den ein Körper zu erfüllen oder einzunehmen scheint. Die Vorstellung dieses Raums mit seinen Grenzen bleibt noch in der Einbildungskraft zurück, wenn man sich gleich die Materie selbst aus demselben herausgenommen denkt. Sie führt alsdann den Namen des **geometrischen Raumes,** oder der **geometrischen Ausdehnung,** deren Grenzen auf die Begriffe von Flächen, Linien, Punkten leiten. Die Geometrie, die diesen Raum als vollkommen ausgefüllt durch seine Theile, oder als eine stetige Größe betrachtet, lehrt Mittel, diese Größe zu bestimmen und in bekannten Cubikmaßen auszudrücken. Der auf solche Art durch geometrische Ab-

Digitized by Google

messung bestimmte Raum eines Körpers heißt alsdann sein **Volumen**. So sagt man, ein Körper habe das Volumen eines Cubikzolls, wenn er so viel Raum einzunehmen scheint, als einem Würfel von 1 Zoll Seite zugehört, u. s. w.

Dieses Einnehmen oder Erfüllen des Raums ist jedoch bey allen Körpern nur Schein. Wirklich erfüllt ihre undurchdringliche Materie nur gewisse Theile dieses Raums, indem andere leer und für fremde Materien durchdringlich bleiben, s. **Porosität, Zwischenräume.** Es wird aber bey der Betrachtung des Volumens, welche blos geometrisch ist, auf die Menge dieser Zwischenräume gar nicht gesehen, sondern das Volumen so bestimmt, als ob es der Körper völlig erfüllte. Sind die Zwischenräume sehr klein, wie in den meisten Fällen, so scheint auch selbst dem Auge der Körper noch eben den Raum zu erfüllen, den er einnehmen würde, wenn er gar nicht mit Zwischenräumen durchbohrt wäre.

Die Vergleichung des Volumens mit dem Gewichte und der Masse der Körper führt auf die Begriffe von specifischem Gewicht und von Dichtigkeit, s. **Schwere, specifische, Dichte.** Gleichgroße Würfel von Bley und Holz haben einerley Volumen; aber eben darum, weil der bleyerne Würfel 11 mal mehr Gewicht und Masse, als der hölzerne hat, nennt man das Bley eine 11 mal schwerere und dichtere Materie, als das Holz.

Man erfährt die Volumina der Körper durch geometrische Abmessung. Ein eigner Theil der Meßkunst, die **Stereometrie** oder **Körpermessung**, giebt Regeln an, den Inbegrif der Körper von bestimmter Gestalt aus einer oder mehrern an ihnen gemessenen Linien zu berechnen. Diese Regeln werden doch oft in der Ausübung unsicher, weil die natürlichen Körper höchst selten die in der reinen Mathematik vorausgesetzte regelmäßige Gestalt haben. Daher bestimmt man in der Experimentalphysik sehr oft das Volumen der Körper lieber durch mechanische oder hydrostatische Methoden. Hat man sich z. B. versichert, daß ein rheinländischer Decimalcubikzoll Wasser 492$\frac{1}{4}$ Gran

wiege, so wird man schließen können, daß ein fester unauflöslicher Körper, der in dieses Wasser versenkt, 1969 Gran von seinem Gewichte verliert, ein Volumen von $\frac{1969}{492\frac{1}{4}}$ d. i. von 4 Cubikzollen einnehme, u. s. w.

Man pflegt das Volumen der Körper oft auch ihren **Umfang** zu nennen, wiewohl dieses Wort nach seiner eigentlichen Bedeutung nicht den Inhalt, sondern die Größe der Grenzen anzeigt, zumal wenn es bey Flächenräumen gebraucht wird. So ist Umfang eines Vielecks nicht Inhalt desselben, sondern Summe der Linien, die es begrenzen. Man wird sich also immer bestimmter, und dem richtigen mathematischen Sprachgebrauche gemäßer ausdrücken, wenn man das Wort Umfang in diesem Sinne zu gebrauchen vermeidet.

Vorderglas, Objectivglas, s. **Fernrohr.**

Vorrücken der Nachtgleichen, Præcessio s. Anticipatio æquinoctiorum, *Précession des équinoxes*. Man bezeichnet mit diesem Namen die scheinbare Bewegung aller Fixsterne, durch welche die Länge eines jeden jährlich etwa um $50\frac{1}{2}$ Secunde, oder in $71\frac{1}{2}$ Jahren um einen Grad vergrößert wird.

Die Fixsterne scheinen hiebey so fortzurücken, daß sich nur ihre Länge ändert, indeß ihre Breite, oder ihr Abstand von der Ekliptik ungeändert bleibt. Oder, was eben so viel ist, sie scheinen in Kreisen fortzugehen, welche mit der Ekliptik parallel laufen, so daß es das Ansehen hat, als drehten sie sich um der Ekliptik Pole. Dieses kan nun entweder von einer wirklichen Bewegung der Fixsterne, oder von einer bloßen Verrückung des ersten Punktes der Ekliptik herrühren, von welchem man die Längen zu zählen anfängt, s. **Länge der Gestirne**. Man stelle sich Taf. XXV. Fig. 62. unter EL die Ekliptik, unter AQ den Aequator vor; beyder Durchschnittspunkt ♈ ist der Anfang der Ekliptik. Wenn nun der Stern γ im Bilde des Widders, dessen Länge vor 2000 Jahren, da er senkrecht über ♈ stand, = 0 war, itzt eine Länge von 30° oder 1 Zeichen hat, so kan

dies entweder daher kommen, weil dieser Stern mit der Ekliptik EL parallel um 30° weiter von γ bis g gerückt ist, indem ♈ unverändert in o blieb; oder es kan daher rühren, weil sich der Punkt ♈ in der Ekliptik selbst 30° weit von o bis r verschoben hat, indem der Stern unbewegt in γ geblieben ist.

Es kan in der neuern Astronomie niemand mehr einfallen, das erste anzunehmen, da man hiebey unzählbaren unermeßlich weit entfernten Sonnen eine gemeinschaftliche Bewegung, mit Beziehung auf die gegen sie ganz unbedeutende Erdkugel, beylegen müßte. Hingegen wird alles äusserst einfach, wenn man die ganze Erscheinung als eine bloße Verrückung des Punktes ♈ von o gegen r betrachtet. So muß man sie nach dem System des **Copernikus** (De revol. orb. coelest. III. 1.) nothwendig ansehen. Nun ist zwar die Richtung von o nach r, welche nach der rechten Hand geht, der Ordnung der Zeichen entgegen, mithin diese Bewegung des ♈, und des gegenüberstehenden Punkts der Ekliptik (oder der beyden Nachtgleichen) eigentlich ein **Rückwärtsgehen**; man ist aber einmal gewohnt, ihr den Namen des **Vorrückens** der Nachtgleichen zu geben.

Hipparch fand schon 128 Jahr vor Christi Geb. die Längen der Sterne in Ansehung der Aequinoctialpunkte über 2 Grad größer, als sie **Timocharis** und **Aristyllus** 294 Jahr v. C. G. bestimmt hatten. Eben dieses Zunehmen der Längen zeigte sich aus Vergleichung seiner Beobachtungen mit des **Eudoxus** Beschreibung der Sphäre, die sich auf noch ältere Zeiten bezog. Seit diesen Zeiten bis jetzt (in einem Zeitraume von 2200 Jahren) haben die Längen der Sterne um mehr als 30 Grad zugenommen. Sehr sinnlich wird dieses an den Sternbildern des Thierkreises, welche itzt nicht mehr in den Zeichen oder Theilen der Ekliptik stehen, wo sie sich ehedem befanden, sondern in die nächstfolgenden übergegangen sind, wie z. B. die Sterne des Widders h. z. t. in dem Zeichen des Stiers stehen. Daher hat man die wirklichen oder **ungebilderen** Zeichen des Thierkreises (dodecatemoria) von den **gebilderten** (asterismi) d. i. von den Sternbildern, deren Namen sie führen, zu unterscheiden.

Digitized by Google

Die Größe dieser Bewegung bestimmt man aus der Vergleichung älterer und neuer Beobachtungen. So setzt die Kornähre der Jungfrau

Hipparch 128 v. C. G. in die Länge	5 Zeich.	24 Gr.	0 Min.
de la Lande 1750 n. C. G.	6	20	21
Unterschied in 1878 Jahren	0	26	21

Dies giebt im Durchschnitte auf ein Jahr 50½ Sec. Andere Beobachtungen geben etwas andere Größen, und da die alten Beobachtungen nicht genau, die neuen allein aber zu Bestimmung so langsamer Aenderungen nicht hinreichend sind, so nimmt man aus allen das Mittel 50½ Sec., welches für jedes Jahrhundert 1° 23′ 54″ giebt. De la Lande setzt für ein Jahrhundert 1° 23′ 10″, bemerkt aber, daß diese Größe nicht vollkommen gleichförmig sey, indem sich von einem Jahrhunderte zum andern einiger Unterschied finde.

Diesen Angaben zufolge vollenden die Fixsterne ihren scheinbaren Umlauf um die Pole der Ekliptik in 25700 (nach de la Lande 25972) Jahren. Man nennt diese Umlaufszeit insgemein das **große** oder **platonische Jahr**: es giebt aber in der Geschichte der ältern Astronomie eine Menge solcher großen Jahre (s. *Censorin.* de die nat. cap. 18. *Plutarch* de plac. philos. II. 32. *Macrob.* Somn. Scip. II. 11.), die wohl mehrentheils aus Zusammensetzungen anderer Perioden bestehen mögen, wenn auch gleich einige von dem frühzeitig bemerkten Fortrücken der Fixsterne hergenommen sind. Von diesen großen Jahren handlen **Riccioli** (Alm. nov. To. I. p. 130. 168.), de la **Nauze** (Mém. de l'acad. des Inscript. To. XXIII. p. 90.) und **Bailly** (Geschichte der alten Sternkunde, a. d. franz. Leipz. 1777. gr. 8. II. B. 8 Abs. § 15.). Das von **Plato** angenommene begreift 12000 Jahr: man müste also damals geglaubt haben, die Fixsterne rückten aller tausend Jahr durch ein Zeichen des Thierkreises.

Um sich das Vorrücken der Nachtgleichen gehörig vorzustellen, muß man sich Taf. XXV. Fig. 62. die Linie EL oder die Ekliptik unbeweglich denken, den Aequator AQ

aber, der sie in ♈ und in noch einem gegenüberstehenden Punkte schneidet, mit paralleler Bewegung (in so fern nemlich die Schiefe der Ekliptik ungeändert bleibt) langsam nach aq fortrücken lassen. Daraus wird denn folgen, daß auch die Pole des Aequators, oder die **Weltpole**, in einem Kreise, ebenfalls der Ordnung der Zeichen entgegen, um die Pole der Ekliptik umlaufen. Wenn man aber die Weltpole für unbeweglich hält, so scheint es, als drehten sich die Fixsterne nach der entgegengesetzten Richtung langsam um die Pole der Ekliptik, s. **Polarstern**. Da die Schiefe der Ekliptik veränderlich ist, so bilden alle diese Bewegungen nicht genau Kreise.

Wenn der Stern γ unbewegt bleibt, ♈ aber von o nach r rückt, so wird die Rectascension des Sterns, die vorher ♈D war, in rq . . . ad, und die Abweichung, die zuerst γD war, in γd verändert. Daher verändert das Vorrücken der Nachtgleichen mit den Längen der Sterne zugleich ihre Rectascensionen und Abweichungen; nur die Breiten γo bleiben ungeändert.

Aus diesem Grunde können alle Hülfsmittel der Sternkunde, welche die Stellungen der Fixsterne gegen Aequator und Ekliptik angeben oder darstellen, z. B. Fixsternverzeichniße, Himmelskugeln, Sternkarten u. dergl. nur für eine gewisse Zeit gelten. Für andere Zeiten werden bey den Sternverzeichnißen Reductionen erfordert, s. **Reduction**. In manchen Verzeichnißen sind die jährlichen Aenderungen der geraden Aufsteigung und Abweichung eines jeden Sterns gleich mit angegeben, s. **Fixsternverzeichniße**. Für die Längen ist dies nicht nöthig, da diese bey allen Sternen gleich viel, nemlich $50\frac{1}{4}$ Sec. jährlich, wachsen. Was die Himmelskugeln betrift, so ist es nicht genug, sich alle Sterne auf ihnen für jede 70 Jahre um einen Grad in der Länge fortgerückt zu denken. Wollte man alte Globen für spätere Zeiten, oder umgekehrt neuere Globen für ältere Zeiten, richtig gebrauchen, so müste man die Weltpole auch mit verrücken, welches nicht angeht, weil diese fest sind, und die Kugel sich um sie drehen muß. Daher haben einige Astronomen auf solche Vorrichtungen bey den Himmels-

Digitized by Google

kugeln gedacht, wobey man die Stellung der Weltpole der Zeit gemäß verändern könnte. Caſſini (Hiſt. de l'acad. des ſc. 1708. p. 97.) hatte ein Modell hiezu verfertiget, auch Lowitz eines, welches letztere Herr Käſtner beſitzt, und Herr von Segner (Aſtronomiſche Vorleſungen, Erſter Theil. Halle, 1775. 4. §. 357. S. 188.) hat noch einen andern Vorſchlag hiezu gethan.

Die alten Syſteme, welche die Fixſterne ſehr nahe annahmen, und in eine hohle Sphäre einſchloßen, ſahen das Vorrücken der Nachtgleichen als eine wirkliche Bewegung dieſer Sphäre an. Copernikus hob die alte Vorſtellung gänzlich auf, und betrachtete die Erſcheinung als eine Bewegung der Aequinoctialpunkte (Anticipatio aequinoctiorum). Man war lange Zeit vergeblich bemüht, ihre Urſache durch mancherley Hypotheſen zu erklären. So viel ſahe man ein, daß die Erſcheinung eine ähnliche Urſache mit dem Rückgange der Knotenlinien haben müſſe. Nemlich ſo, wie man die Durchſchnitte der Planetenbahnen mit der Ebne der Ekliptik Knoten dieſer Bahnen nennt, ſ. Knoten, ſo kan man ſich die Durchſchnittspunkte des Aequators mit der Ekliptik, oder die Punkte der Nachtgleichen, als Knoten des Aequators vorſtellen. Da nun der Aequator nichts anders iſt, als die Ebne, in welcher die tägliche Umdrehung der Erde geſchieht, ſo ſind die Nachtgleichen in der That die Knoten der täglichen Erdumdrehung.

Newton (Princip. L. III. Prop. 39.) lößte endlich durch ſeine vortrefliche Mechanik der himmliſchen Bewegungen auch dieſes Räthſel auf. Er zeigte, daß die Gravitation der nicht vollkommen ſphäriſchen, ſondern um die Pole abgeplatteten, Erde gegen Sonne und Mond, die Knotenlinie der täglichen Umdrehung beſtändig zurücktreiben müſſe. Geſetzt, man ſtelle ſich die um den Aequator der Erde angehäuften Theile als einen Ring vor, der ſich aller 24 Stunden um die völlig kugelrunde Erde drehe, ſo wird zwar dieſer Ring eine bey weitem größere Schwere gegen die Erdkugel, als gegen Mond und Sonne, haben. Beyde Himmelskörper werden aber doch gegen den Ring eine etwas ſtärkere Anziehung, als gegen die übrigen Thei-

Digitized by Google

le der Erde, äußern; und weil die Lage dieses Ringes in der Ebne des Aequators ist, Sonne und Mond aber darauf allezeit aus der Ebne der Ekliptik wirken, wird hieraus eben die Wirkung, wie bey den Planetenbahnen, entstehen, daß nemlich die Punkte des Erdrings die Ebne der Ekliptik bey jeder Umdrehung etwas früher durchschneiden, als sonst geschehen würde; daher die Durchschnittspunkte oder Knoten der Umdrehung nach der Seite, welche den Bewegungen der Erde und des Monds entgegengesetzt ist, d. i. gegen die Ordnung der Zeichen, fortrücken müssen.

Die Berechnung des Vorrückens der Nachtgleichen gehört zu den schwersten der physischen Astronomie. Newton hatte hiebey vieles unerwiesen oder unrichtig angenommen, welches d'Alembert (Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation. Par. 1749. 4.) verbessert, und diese Aufgabe zuerst vollständig aufgelöset hat. Mit der grösten Deutlichkeit handlet diesen Gegenstand de la Lande (Astr. L. XXII.) ab. Wegen der Wirkung des Monds ist das Vorrücken nicht alle Jahre gleich groß. Bradley hat gefunden, daß es 58″ beträgt, wenn der aufsteigende Knoten des Monds in 0° ♈ ist; 53″, wenn er sich in 0° ♎; 50⅓″, wenn er sich in 0° ♋ oder in 0° ♑ befindet. Ueberhaupt kommen bey dem mittlern Vorrücken etwa 35″ vom Monde, die übrigen 15″ von der Sonne her.

Hiemit steht auch das Wanken der Erdaxe in Verbindung, wovon ein eigner Artikel handlet. Das Vorrücken der Nachtgleichen verursacht den Unterschied des tropischen und siderischen Jahres, s. Jahr; und eine kleine in einzelnen Tagen unmerkliche Differenz zwischen Sternzeit und Zeit der ersten Bewegung, s. Sternzeit.

de la Lande astron. Handbuch, a. d. franz. Leipz. 1775. gr. 8. §. 319. 1064.

Kästner Anfangsgr. der Astronomie. Göttingen, 1781, 8. §. 125. 291.

Bode kurzgef. Erläut. der Sternkunde. Berlin, 1778. 8. Th. I §. 206. II. §. 525.

Digitized by Google

Vulkane, feuerspeyende Berge, Montes ignivomi, s. vulcanii, *Volcans*. Berge, welche von Zeit zu Zeit glühende und calcinirte Steine, geschmolzene glühende Materien, Wirbel von Rauch und Flammen u. dergl. oft bis zu ansehnlichen Höhen ausstoßen und um sich werfen, wodurch bisweilen ganze Strecken Landes verwüstet werden. Der Anblick eines tobenden Vulkans wird von den Beobachtern als das fürchterlich-erhabenste Schauspiel in der Natur beschrieben, und die Wirkungen davon erfolgen mit einer bewundernswürdigen Gewalt. Die Vulkane brannten ohne Zweifel in den ältesten Zeiten der Erde weit häufiger, als jetzt, und haben an der Bildung und Veränderung ihrer Oberfläche einen ausgezeichneten Antheil genommen.

Der Ausbruch der brennenden und geschmolzenen Materie geschieht allezeit aus einer Oefnung oder einem Schlunde, dem man den Namen des Craters giebt. Die Materien selbst fließen zum Theil als Ströme von Lava an den Seiten herab, zum Theil steigen sie hoch in die Luft, und fallen als ein Hagel wieder herunter. Sie häufen sich dadurch zu einem Kegel auf, eben so, wie durch die aufgeworfene Erde der Maulwurfshügel, oder durch den herabfallenden Sand der kleine Hügel in einer Sanduhr entsteht. Inzwischen bleibt der Canal, durch welchen die Ausbrüche gehen, offen, und der Crater erhält dadurch die Gestalt eines hohlen kegelförmigen Bassins, welches sich nahe bey der Spitze des durch die Auswürfe gebildeten Kegels oder Zuckerhuts befindet. Daher kömmt die regelmäßige Gestalt der meisten Vulkane, welche inzwischen sehr oft gestört wird, wenn sich die vorige Oefnung verstopft, oder vom Feuer verlassen wird, und dieses sich neue Schlünde an den Seiten des Kegels eröfnet. Dadurch stürzen die Kegel ein, und es geht ein Theil ihrer regelmäßigen konischen Gestalt verlohren. Inzwischen lassen sich fast immer noch die Spuren eines großen dem Ganzen zum Grunde liegenden Kegels, und so vieler kleinen Kegel, als Seitenöfnungen entstanden sind, sammt den zugehörigen Cratern, wiederfinden. An diesen Spuren und den herumliegenden vulkanischen Producten erkennt man auch die alten jetzt aus-

Digitized by Google

gebrannten oder erloschenen Vulkane *(Volcans éteints)*, wiewohl manche zu weit gehen, wenn sie jeden kegelförmigen Berg für einen ehemaligen Vulkan erklären.

Hieraus erhellet nun, daß der Ausbruch des Feuers, selbst wenn er im platten Lande geschieht, dennoch um sich her einen höhern oder niedrigern Berg bildet, daher alle fortdaurende Ausbrüche dieser Art aus Bergen geschehen, von welchen ich nun einige der vornehmsten beschreiben will.

Der Vesuv, nahe bey Neapel, giebt durch seine Gestalt ein deutliches Beyspiel des angeführten. Er besteht aus einer von den Apenninen ganz abgesonderten Masse vulkanischer Berge, die sich ringsum gleichförmig mitten aus einer Pläne erhebt, und augenscheinlich das Werk einer einzigen Oefnung ist, welche ehedem im Mittel gestanden hat. Eine große Katastrophe, vielleicht die im Jahre 79 n. C. G., die Herculanum und Pompeji verschüttete und dem ältern Plinius das Leben kostete, hat den alten Gipfel eingestürzt, und es ist nur ein Theil des Randes von dem ehemaligen großen Crater stehen geblieben. Dies sind die Berge Somma und Ottajano, welche den jetzigen Vesuv auf der Nordseite in Form eines Halbkreises umgeben, und von ihm durch das halbkreisförmige Thal Arrio del Cavallo abgesondert sind. Der jetzige Kegel in diesem Thale ist erst seit Entstehung der neuen Oefnung gebildet worden. Man findet noch eine Menge kleiner Kegel an der Seite, und fast jeder neue Ausbruch verändert die Gestalt dieses merkwürdigen Berges.

Die Städte Herculanum und Pompeji waren erst 16 Jahr vorher durch ein fürchterliches Erdbeben erschüttert worden, als sie durch den schrecklichen Ausbruch des Vesuvs am 24 Aug. 79 von einer unglaublichen Menge schwarzgrauer Asche, mit Bimstein- und Kalksteinstücken untermengt, verschüttet wurden. Dio Cassius erzählt, es sey eben zu der Zeit geschehen, da man im Schauspiele gewesen, die Asche habe die Sonne verdunkelt, und sey bis Rom, ja bis Syrien und Egypten geflogen, womit man auch die Erzählung des jüngern Plinius von dem Tode seines Mutterbruders bey Stabiä (Epist. VI. 16. 20.) vergleichen kan.

Digitized by Google

Nachherige Ausbrüche haben über dieſe erſte Füllung noch mehrere Lagen gedeckt, zwiſchen welchen ſich immer etwas Dammerde befindet, ein Zeichen, daß jede dieſer Lagen eine Zeit lang frey auf der Oberfläche geblieben und zur Cultur fähig geworden ſey. So ward Herculanum nach und nach über dem Theater auf 74, und näher nach dem Meere zu auf 110 Fuß hoch bedeckt, und in ſpätern Zeiten Portici und Reſina über dieſe Stelle gebaut. Im Jahre 1706 fand man zufällig beym Graben einige Statüen, die eine verſchüttete Stadt vermuthen lieſſen, die Regierung verbot aber das weitere Nachſuchen. Erſt 1738, da König Carl das Eigenthum dieſes Platzes kaufte, fand man die ganze Stadt wieder, ward gewiß, daß ſie das alte Herculanum ſey, füllte aber die Plätze, ſo bald die beweglichen Merkwürdigkeiten hinweggeräumt waren, zur Sicherheit der darüberſtehenden Gebäude wieder aus, und ließ blos die Schaubühne offen, zu deren Parterre man jetzt von der Erde 80 Stufen hinabſteigt.

Die Maſſe, welche Herculanum überdeckt hat, ſcheint doch nicht blos ein trokner Aſchenregen, ſondern zugleich eine flüßige oder breyartige heiſſe Subſtanz geweſen zu ſeyn. Denn ſie hat die Zimmer ausgefüllt, Statüen u. dergl. in ſich abgeformt — und durch ihre Hitze ſelbſt inwendig in den Häuſern alles Holz von auſſen verkohlt. Sie hat ſich zu einer ſogenannten Tufa verhärtet, ſ. Vulkaniſche Producte, welche ſich leicht zerſchlagen läſt, und bey weitem nicht ſo hart iſt, als die neuern Laven werden.

Pompeji hingegen iſt blos mit trokner Aſche, Bimſtein und kleinen granatähnlichen Kryſtallen bedeckt, welches zuſammen zu einer ähnlichen Tufa von 16 — 18 Fuß Höhe verhärtet iſt. Hier iſt nichts ins Innere der Häuſer gedrungen, oder verbrannt, auch überhaupt alles beſſer erhalten, und was man ſeit 1755 entblößt hat, alles offen gelaſſen worden, ſo daß die Gebäude, Tempel, Schaubühnen ꝛc. am hellen Tage beſehen werden können. Schon die alte Stadt iſt auf einer lockern ſehr tiefen Lava von drey übereinander liegenden Schichten erbaut, und ihre Straßen ſind mit Lava gepflaſtert. Auch Stabiä iſt nur mit Aſche

Digitized by Google

bedeckt. Hier hat man die gefundenen Alterthümer in das königliche Muſeum zu Portici gebracht, und die Stellen wieder zugeworfen.

Seit dieſem groſſen Ausbruche des Veſuv giebt die Geſchichte von weit mehrern Nachricht, deren ſich allein in dieſem Jahrhunderte auf zwölf bis dreyzehn zählen laſſen. Paragallo (Iſtoria naturale del monte Veſuvio. Neap. 1705. 4.), du Perron de Caſtera (Hiſtoire du mont Veſuve trad. de l'Ital. à Paris, 1741. 12.) und der P. della Torre (Storia e fenomeni del Veſuvio. Nap. 1755. 4. Hiſtoire et phénomenes de Veſuve, expoſées par le *P. de la Torre*. à Naples. 1776. 8. überſ. v. Lentin. Altenb. 1783. 8.) haben die Nachrichten hievon geſammlet, (ſ. auch Geſchichte des Veſuvs in den Vermiſchten Beyträgen zur phyſikal. Erdbeſchreibung, Brandenburg, 1774. 8. B. I. St. 1. S. 92 u. f. ingl. Wunder der feuerſpeyenden Berge, in Briefen von F. Knoll. Erfurt, 1784. 8.).

Um hier nur einen ſchwachen Begrif von dieſen Erſcheinungen zu geben, rücke ich aus des Duchanoy Beſchreibung des fürchterlichen Ausbruchs vom Jahre 1779 (*Rozier* Journal de phyſ. Juill. 1780. überſ. in den leipziger Sammlungen zur Phyſ. und Naturg. II. B. 5 St. S. 541 u. f.) folgenden kurzen Auszug ein.

Der Crater des Veſuvs war 1779 cirkelrund, und mochte etwa 90 Schritt im Durchmeſſer haben. Mitten aus ihm erhob ſich ein kleiner Berg (montagnola), der etwa 100 Schritt hoch war, und 40 im Durchmeſſer hatte. Aus dieſer Montagnola, die gleichſam den Schorſtein des Vulkans ausmachte, ſtieg ſchon im May 1779 alle halbe Viertelſtunden eine 10 — 12 Schuh ſtarke Feuerſäule auf, die ſich faſt 250 Schritt hoch über den Berg erhob, und einen Regen von verbrannten Erden, halbcalcinirtem Sande, Harz und Aſche verbreitete, welches Gemiſch man in Neapel Rapillo (lapillos) nennt. Vor und nachher hörte man ein ſtarkes Brauſen, und der Knall der Exploſion ſelbſt glich einem Kanonenſchuße. So oft die Materie im Innern des Berges aufſtieg, um eine Exploſion zu verurſachen, erhob ſich am Fuße des Kegels ein Hügel von Er-

Digitized by Google

de, der 6 — 12 Schuh in die Höhe stieg, und dadurch die eine Seite des Kegels gegen sich zog. Dieser Hügel blieb im Augenblicke der Explosion stehen, und da diese in zween bis dreyen kurz auf einander folgenden Stößen bestand, so sahe man in den kurzen Pausen zwischen denselben den Hügel sinken, und wieder steigen, bis er sich nach geendigter Explosion wieder in die Ebne des Craters niedersenkte. Diese Erscheinung hatte völlig das Ansehen einer Blase, die sich vom Athem erweitert und verengert, und kam von einer neuen Lava her, welche unter der schon hart gewordenen Kruste einer kurz vorher ausgebrochnen Lava, die den Crater damals bedeckte, einen Ausgang suchte, auch nachher sich denselben an der Seite, etwa 5 — 600 Schuhe weit vom Crater, wirklich eröfnete. Wenn der Hügel wieder einsank, so hörte man diese Lava sehr deutlich abfliessen, und durch Spalten in das Innere des Berges zurückgehen.

Im August 1779 wurden die Explosionen immer stärker und häufiger. Am 8 August Abends bildete der aufsteigende Rauch eine ungeheure Masse, wie eine stillstehende Wolke, worinn man eine Feuersäule bemerkte, vermengt mit einer Menge großer Steine, welche nach ihrem Falle vom Berge herabrollten. Mit Einbruch der Nacht spritzte schon alle halbe Minuten ein neuer Strom brennender Materie hervor, der endlich so stark ward, daß er eine gerade Richtung nahm, und dem Winde gar nicht mehr nachgab. Gegen 8¼ Uhr folgten die Explosionen fast ununterbrochen auf einander; die Feuerströme, die nun den ganzen Crater zur Grundfläche hatten, stiegen in pyramidalischer Form auf eine unglaubliche Höhe, schütteten eine Menge brennender Materien herab, und verbreiteten einen Rauch, der das Licht des Feuers zurückwarf, und den Glanz des ganzen Schauspiels erhöhete.

Endlich hörte man um 9½ Uhr eine schreckliche Explosion, stärker als den Knall des gröbsten Geschützes; und mit ihr stieg ein dicker schwarzer Rauch in die Luft, der einen Theil des Craters mit sich führte. In wenig Augenblicken zeigte sich durch diesen Rauch die Feuersäule wieder,

Digitized by Google

welche sich nun auf eine Höhe erhob, die man dreymal gröſſer, als die Höhe des ganzen Berges, d. i. auf 6000 Schuh, schätzen konnte. Die Masse des Rauchs nahm ihre Hauptrichtung auf den Somma und Ottajano zu, stieg aber so hoch, daß man zu Neapel und überall in der Nähe glaubte, sie erreiche den Scheitel und werde alles unter Steine und Asche begraben. Sie zeigte nach allen Richtungen wirbelnde Bewegungen, und theilte sich in Gruppen, die von dem Feuer und den überall hervorschieſsenden Blitzen auf tausend verschiedene Arten erleuchtet wurden.

Die Feuersäule war so stark, als ob die Erde einen Theil ihrer brennenden Eingeweide auswürfe. Der Regen von brennenden Materien verstärkte noch ihre scheinbare Gröſse und das Meer, das ihren Glanz zurückwarf, glich dem eröffneten Schlunde der Hölle. Bey diesem Lichte konnte man in Neapel die kleinste Schrift lesen. Die unten senkrechte Säule bog sich am obern Ende; ein Theil von ihr ward vom Winde in die Ferne geführt, ein anderer fiel auf den Vesuv und das Atrio del Cavallo zurück, welche davon wie in einen feurigen Schleyer verhüllt wurden. In wenig Augenblicken verwandelte sich der Berg in eine feurige Halbkugel, und verschwand endlich ganz in einem glühenden rosenfarbnen Dampfe, der sich mit keinen Worten beschreiben läst. Wenn man sich eine feine durchsichtige rosenfarbne Atmosphäre, und in ihrer Mitte einen Berg von lebhaft rothem, heftig bewegten, Feuer vorstellt, so hat man nur eine schwache Anlage zu der Idee dieses Schauspiels, dessen Gröſse keine Schilderung eines Malers hat erreichen können. Alles schien so in einander gefloſsen, daß man glauben muste, der Berg sey verschlungen, oder in die Luft geworfen worden.

Die Feuersäule und Rauchmasse wurden auf allen Seiten von Blitzen durchschnitten, die theils aus der Erde, theils aus der Luft, zu kommen schienen. Das Ganze stellte eine brennende Wolke vor, aus der ein unaufhörlicher Feuerregen überall Tod und Verwüstung drohte. Hin und wieder fielen Steine von ungeheurer Gröſse, deren Fall 25 Secunden lang dauerte, ob sie gleich bey weitem nicht so

Digitized by Google

hoch, als die kleinern, ſtiegen. Mit ſolchen Steinen ſchien das Thal des Somma ganz verſchüttet. Die Geſträuche und Caſtanienwälder des Ottajano entzündeten ſich augenblicklich durch die glühenden Steine und Blitze. Nach der erſten Betäubung empfand man nichts als die Gefahr, mit welcher dieſes ſchreckliche Phänomen drohete, und nun überließ ſich das Volk, beſonders in Neapel, den gewöhnlichen Unordnungen. Die Stadt Ottajano ward am meiſten vom Feuerregen beſchädiget.

Dennoch hörte dieſer ſchreckliche Ausbruch, nachdem er etwa 37 Min. gedauert hatte, binnen 2 Min. gänzlich auf. Man ſahe den Berg faſt in ſeiner vorigen Geſtalt wieder, aber ganz mit glühenden Steinen bedeckt, die noch einen guten Theil der Nacht hindurch leuchteten. Da aber kein eigentlicher Strom von Lava ausgebrochen war, ſo legte ſich auch das Toben des Berges noch nicht, und es gab in den folgenden Tagen noch Exploſionen, die der beſchriebnen nicht viel nachgaben.

So weit dieſe Beſchreibung. Aehnliche Schilderungen mit Abbildungen begleitet enthält das prächtige Werk des Ritter Hamilton (Campi Phlegraei or obſerv. on the vulcanos of the two Sicilies. Napoli. 1776. II. Vol. fol.). Sonſt hat man noch Beſchreibungen einzelner Ausbrüche (Phil. Trans. 1730. N. 424. v. 1733 u. 1737. N. 455, v. 1751 eb. Vol. XLVII. ferner Vol. XLIX u. LII.) ingleichen von Mercati (Raconto iſtorico-filoſofico del Veſuvio. Nap. 1753. 4.), und von dem großen Ausbruche 1767 von Catani (Lettera critica filoſofica ſu della veſuviana eruzzione accaduta nell' anno 1767. Catania, 1768. 4.) und Gaetano de Bottis (Ragionamento iſtorico del incendio del Veſuvio. Nap. 1768. 4. ingl. 1779. 4.)

Die Laven, mit deren Ausbruche gewöhnlich das Toben der Vulkane nachläßt, fließen entweder wie ein Schaum aus dem Crater ſelbſt hervor, oder ſie brechen an den Seiten oder Fuße des Berges, ſchon mehr geronnen, mit einem heftigen Knalle, aus. Sie bilden einen Strom dickflüßiger geſchmolzener Materie, deſſen Geſchwindigkeit im Anfange am gröſten iſt, ſelten aber über 3000 Fuß in einer

Digitized by Google

Stunde beträgt. Doch ſetzt Hamilton die Geſchwindigkeit der Lava vom 28 März 1767 dreymal größer. An der Luft wird die Oberfläche bald hart, und trennt ſich in Stücken, die auf die Seite fallen, und eine Art von Canal bilden, in welchem der noch flüßige Theil fortgeht. Dieſer Canal wird weiter hin immer breiter, bis endlich die Oberfläche ganz erhärtet, da die Lava nur noch auf dem Grunde fließt, die obenſchwimmenden feſten Stücken mit ſich fortführt, und das Ganze einem fortrollenden Steinhaufen ähnlich macht. Eine ſehr deutliche Beſchreibung hievon giebt Herr de Lüc aus den Nachrichten ſeines Bruders (Briefe über die Geſchichte der Erde. Th. I. L Brief.). Die Lava von 1757 war oben beym Ausbruche, auf einem Abhange von 30°, 2 Toiſen breit, und die glühenden Stücken auf der Oberfläche giengen 40 — 50 Schuh weit in einer Minute. Weiter herab ward der Lauf ſo langſam, daß ſie kaum einen Schuh weit in 1 Minute fortgiengen. Endlich beſtand der ganze Fortgang darinn, daß die inwendig angehäufte flüßige Materie die äußern harten Theile durchbrach, und mit Geräuſch herausſtürzte.

Die Ströme der Laven ſehen im Dunkeln glühend aus, am Tage aber zeigt ſich nur ein weiſſer Rauch. Hinderniſſe, welche dieſe Ströme antreffen, z. B. Bäume, Gebäude ꝛc. halten ſie durch Widerſtand und Kühlung auf; ſie müſſen ſich dann anhäufen, um durchzubrechen. Auf dieſe Art bilden ſich Brücken, Arkaden, Spalten, Hügel, ein wahres Bild des Chaos, welches noch unordentlicher wird, wenn die Laven ins Waſſer treten, wo ſie ſich bald verhärten, und der folgende Theil über den vorangehenden ſtürzt. Die Hitze iſt am Orte des Ausbruchs ſo ſtark, daß man zuweilen nach einem Jahre die Hand noch nicht auflegen kan. Die Oberfläche glüht mehrere Tage, und das Innere oft Monate lang, oder bleibt doch ſo heiß, daß ein Stock, mit dem man die äuſſere Rinde durchſticht, brennend herausgezogen wird.

Die ganze Gegend um Neapel, welche Ferber (Briefe aus Wälſchland an Herrn v. Born. Prag, 1773. 8. S. 136 u. f.) und Hamilton (in den Campis Phlegraeis in-

Digitized by Google

gleichen in Philoſ. Trans. Vol. LXI. P. I. n. 1. Sir William Hamilton Beobacht. über den Veſuv, Aetna u. ſ. w. aus d. engl. Berlin, 1773. 8.) beſchreiben, iſt vulkaniſch, und enthält unter dem 4 — 5 Fuß tiefen Erdreiche lauter Producte des Feuers, dahingegen die Berge hinter Caſerta kalkartig ſind. Auf der andern Seite von Neapel liegt die bekannte Solfatara (Forum Vulcani oder Colles Leucogaei der Alten), ein Feld auf einer Anhöhe von 1400 Schuh Länge und 900 Schuh Breite, deſſen Grund hohl und mit lockerer weiſſer Erde bedeckt iſt, aus der an vielen Stellen ein ſchwefelichter Dampf aufſteigt, welcher blaue Pflanzenfarben in rothe verwandlet. Schon bey den Alten (ſ. *Plin.* H. N. XXXV. 15.) hat man aus Boden und Wänden dieſes Feldes Schwefel bereitet. Nach Ferbers Nachricht erhält man jetzt Alaun, indem man kleine Thonhaufen an die Stellen führt, wo die häufigſten Dünſte der Schwefelſäure hervordringen. Am Fuße der Anhöhe gegen N. O. laufen bey Piſciarelli zwo heiſſe Quellen (fontes Leucogaei, *Plin.* H. N. XXXI. 2.) mit hepatiſchem nach Alaun ſchmeckenden Waſſer aus (ſ. Obſerv. ſur le lieu appellé *Solfatare* par M. *Fougeroux de Bondaroy* in Mem. de Paris, 1765. überſ. in den Mineralog. Beluſt. Th. V. Leipz. 1770. gr. 8. S. 330 u. f.). Der See Agnano iſt allem Anſehen nach ein alter Crater, ſo wie auch der nebenſtehende Berg Aſtruni ein vielleicht noch ſpäter entſtandener Vulkan geweſen zu ſeyn ſcheint. Der Monte-nuovo ward erſt im Jahre 1538 am 29 Sept. aufgeworfen. Das Meer zog ſich zurück, und es brachen aus einer Oefnung Flammen hervor, welche Rauch und Aſche auswarfen. In 48 Stunden ward eine Erhöhung von 2000 Fuß und einer halben Meile im Umkreiſe zuſammengehäuft, welche die Mündung verſtopfte. Der dabey liegende Monte Barbaro oder Gauro iſt deutlich ein alter Vulkan. Auch giebt es in dieſer Gegend mehrere Moſſeten, wovon die Grotta del Cane am See Agnano ein merkwürdiges Beyſpiel iſt. Die fixe Luft auf dem Boden dieſer Höle löſcht Lichter aus, und tödtet Thiere. Eine ähnliche Moſſete zeigte ſich vor dem Ausbruche des Veſuvs 1767 in der Kö-

Digitized by Google

niglichen Capelle zu Portici, und tödtete einen Bedienten, der die Thür öfnete; auch bemerkte Hamilton um eben die Zeit eine gleiche in einem Thiergarten daſelbſt.

Der Aetna oder Monte Gibello in Sicilien hat von uralten Zeiten gebrannt, wovon Kircher (Mund. ſubterran. To. I.) die Zeugniße der Alten zuſammenſtellt. Virgil (Georg I. 472.) erwähnt unter andern bey ihm die Laven oder fließenden Schlacken, von denen ſonſt die Alten wenig melden,

Vidimus undantem ruptis fornacibus Aetnam
Flammarumque globos *liquefactaque* volvere *ſaxa*.

Von 1447 bis 1536 war dieſer Berg ſo ruhig, daß man ſchon die ältern Berichte in Zweifel zu ziehen anfieng. Aber in dieſem und den folgenden Jahren floſſen ſtarke Laven, bis endlich 1669 und 1693 die ſchrecklichſten Ausbrüche erfolgten (Philoſ. Trans. Num. 48. 51. 202. 207.), welche vornehmlich durch die dabey entſtandenen Erdbeben verderblich wurden. Dieſe Erdbeben verſchlangen 1693 in drey Tagen 16 Städte und mehrere Landgüter, und koſteten mehr als 90000 Menſchen das Leben. Die letzten ſtärkern Ausbrüche ſind in den Jahren 1755, 1766 und 1769 erfolgt. Von dem neuſten im J. 1787 handlet ein Aufſatz von Mirone (aus den Novelle litterar. de Firenze im Gothaiſchen Magazin für das Neuſte a. d. Phyſ. V. B. 4 St. S. 9 u. f.) und überdies eine eigne Schrift von Dolomieu (Mém. ſur les isles ponces, et catalogue raiſonné des produits de l' Etna, ſuivis de la deſcript. de l' eruption de l' Etna en 1787. Paris, 1788. 8.). Die Laven des Aetna ſind weit ſtärker, als die vom Veſuv; ihre Ströme erreichen oft eine Länge von mehrern Meilen, und haben bis 50 Fuß Tiefe. Sie fließen gewöhnlich ins Meer, und bilden ſteile Küſten mit Gruppen von ſehr unregelmäßigen Geſtalten.

Den Aetna beſchreiben auſſer Hamilton (Philoſ. Trans. Vol. LXI. P. I.) die Verfaſſer der neuern Reiſebeſchreibungen durch Sicilien, wovon ich nur Brydone (A tour through Sicily and Maltha. London. 1773. 8. P. Brydone's Reiſe durch Sicilien und Maltha, a. d. engl. Leip-

Digitized by Google

zig, 1774. II. Th. 8.) nennen will, obgleich seine Nachrichten in der Folge noch viele Berichtigungen erfordert haben. Dieser Berg ist von hohem Alter und so beträchtlicher Höhe, daß der Schnee auf seinem Gipfel nicht schmelzt. Der große Crater desselben hat gegen eine halbe Meile im Umkreise. Man sieht aber an den Seiten und am Fuße des Berges mehr als 40 kleinere Kegel mit ausgehöhlten Gipfeln, welche aus eben so vielen durch die Hauptmasse des großen Berges ausgebrochnen Feuerschlünden entstanden sind. De Lüc vergleicht den Aetna mit einem Polypen, der viele kleinere aus sich hervortreibt. Aus diesen Oefnungen sind die Laven ausgeflossen, welche die ganze umliegende Gegend bedecken, und sich durch ihre ausnehmende Fruchtbarkeit auszeichnen. Auch hier findet man, nach den von Brydone mitgetheilten Beobachtungen des Canonikus Recupero, mehrere Lagen von Lava übereinander abwechselnd mit Schichten von Dammerde. Brydone scheint nicht abgeneigt, hieraus ein Alter der Erde von mehr als 14000 Jahren zu folgern, weil jede Lava, um zu fruchtbarer Erde zu verwittern, über 2000 Jahre Zeit brauche. Da sich aber dieses letztere blos auf die Voraussetzung gründet, daß eine gewisse jetzt noch nicht fruchtbare Lava eben diejenige sey, welche nach Diodors Bericht zur Zeit des zweyten punischen Krieges ausfloß, so ist der ganze Schluß sehr schwankend, und ihm widerspricht die Bemerkung Hamilton's, daß über Herculanum seit 1700 Jahren sechs verschiedene Laven geflossen sind, zwischen deren Schichten sich in dieser Zeit sechsmal Dammerde gebildet hat.

Die liparischen Inseln, nordwärts von Sicilien, machen eine ganze Sammlung theils alter, theils noch brennender, Vulkane, aus, worunter Volcano und Stromboli die vornehmsten sind. Beschreibungen derselben geben de Lüc (Briefe über die Geschichte der Erde I. Th. XLIX. Brief), und Dolomieu (Reise nach den liparischen Inseln, aus dem franzöſ. von Lichtenberg. Leipzig, 1783. 8.).

Der Hekla auf Island hat in ältern Zeiten bis 1693 häufig Feuer ausgeworfen. Seit dieser Zeit blieb er still,

Digitized by Google

fieng aber am 5 April 1766 unter heftigem Erdbeben wieder zu toben an. Auch hat Island noch mehr Vulkane (s. Olaffens und Povelsens Reise durch Island. Kopenh. u. Leipz. 1774. gr. 4). Im Junius des Jahres 1783 brachen auf dieser Insel Feuersäulen aus der Erde, die zu einer unglaublichen Höhe stiegen, und Sand, Staub, Asche ꝛc. weit um sich her warfen. Dieser schreckliche Erdbrand tobte zween Monate lang, eröfnete große Spalten und Klüfte, leitete dadurch einige große Flüße ab, verheerte einen großen Theil der Insel, und erfüllte alles mit einem erstickenden Schwefeldampfe. Weit und breit rauchte das Erdreich (s. Nachricht von dem großen isländischen Erdbrande, in dem Gothaischen Magazin für das Neuste aus der Phys. V Band 3 Stück, S. 128 u. f.).

In den übrigen Welttheilen sind die Vulkane noch häufiger, als in Europa. Die peruanischen beschreibt Bouguer. Cotopaxi ist darunter der beträchtlichste. Er hat an seinem Fuße über 20 verschiedene Lagen verbrannter Materien. Auch Pichincha und Chimboraço sind Vulkane. Doch strömen aus diesen Bergen keine Laven, und der gröste Schade geschieht durch das plözliche Schmelzen des Schnees, welches im Jahre 1742 eine Fluth von 130 Fuß Höhe veranlaßte, die sich vom Cotopaxi herab binnen drey Stunden ins Meer stürzte, und Häuser, Menschen und Vieh mit sich führte. Die meisten Inseln, welche die sogenannten Archipelagos ausmachen, scheinen aus Vulkanen entstanden zu seyn; vorzüglich diejenigen, welche zwischen Kamtschatka und Japan liegen. Ueberhaupt findet sich im indischen und stillen Meere eine große Menge vulkanischer Inseln. Die Vulkane in Asien und auf den philippinischen und moluckischen Inseln zeigt Lulofs an (Einleit. zur Kenntniß der Erdkugel, a. d. holl. durch Käſtner. Altenb. 1755. 4. §. 233).

Spuren ehemaliger nunmehr erloschener Vulkane finden sich auch auf dem festen Lande häufiger, als man ehedem glaubte. Man erkennt sie an der kegelförmigen oder zuckerhutähnlichen Gestalt der Berge, an den Spuren der verfallenen Crater, die zum Theil mit Wasser angefüllt

Digitized by Google

ſind, und Landſeen bilden, und an den vulkaniſchen Producten der umliegenden Gegend. In Frankreich hat man die meiſten Berge der Provinz Auvergne, den Volvic, Puy-de Dome, Mont d'or u. ſ. w. für ausgebrannte Vulkane erkannt. Guettard (Mém. de Paris. 1752), Monnet (Sur les reſtes des montagnes volcaniques en Auvergne in *Rozier* Journal de phyſ. Juillet, 1774) und Faujas de St. Fond (Recherches ſur les Volcans éteints du Vivarais et du Velay. Paris, 1778. fol. Herrn de la Lande Auszug daraus, überſ. in den leipziger Sammlungen zur Phyſik und Naturgeſch. II. B. 1 St. S. 72 u. f.) haben dieſes auſſer Zweifel geſetzt.

In Deutſchland insbeſondere ſind die Berge an der nordweſtlichen Seite von Caſſel, insgemein der Habichswald genannt, an deren Abhange Landgraf Carl die berühmte Caſcade am Weiſſenſtein erbaut hat, ganz ausgezeichnet vulkaniſch. Raſpe (Beytrag zur allerälteſten natürlichen Hiſtorie von Heſſen, oder Beſchreibung des Habichswaldes und anderer niederheſſiſchen alten Vulkane. Caſſel, 1774. gr. 8.) hat hierauf zuerſt aufmerkſam gemacht. Bald nachher bemerkte Collini (Journal d'un voyage mineralogique etc. Manh. 1776. 8. überſ. Collini Tagebuch einer Reiſe, a. d. franz. von Schröter. Manheim, 1777. 8.) Spuren alter Vulkane an den Ufern des Rheins zwiſchen Bingen und Bonn. Dieſe Gegenden ſind nachher mit ihren Producten noch umſtändlicher von Hamilton (Philoſ. Trans. Vol. LXVIII. P. I. n. 1. überſ. in den leipz. Sammlungen zur Phyſ. u. Naturgeſch. II. B. 4 St. S. 453 u. f.) und de Lüc (Briefe über die Geſch. der Erde, I. Theil, 82 Brief, II. Theil 92. 93.) bekannt gemacht worden. Der letztere, der ſehr aufmerkſam auf dieſen Gegenſtand war, entdeckte auf ſeinen Reiſen durch Deutſchland noch mehrere vulkaniſche Gegenden, z. B. ganze vulkaniſche Kränze, oder Grundflächen eingeſtürzter großer Kegel am Locher See bey Andernach (93–96 Brief), Vulkane durch Schieferberge ausgebrochen am weſtlichen Ufer des Rheins zwiſchen Andernach und Oberwinter (100 Brief), um Caſſel und bey Dransfeld ohnweit Göttingen (107–110 Brief).

Digitized by Google

Hiedurch ward die allgemeine Aufmerksamkeit rege, und man fand nun Spuren von Vulkanen an Orten, wo man sonst dergleichen kaum vermuthet hätte. Wenn auch hiebey mancher der Einbildungskraft zu viel verstattet, und überall erloschene Vulkane gesehen hat, wo nur kegelförmige Berge, Basalte und andere zu den vulkanischen Producten gezählte Materien vorkamen (von welchem Vorwurfe Herr de Lüc selbst nicht ganz frey blieb); so ist doch soviel durch unläugbar richtige Beobachtungen erwiesen, daß die Vulkane in den ältesten Zeiten sehr häufig gewesen sind, und an der Bildung und jetzigen Gestalt der Erdfläche einen überaus großen Antheil genommen haben.

Um die Ursache einer so wichtigen und furchtbaren Naturbegebenheit zu erklären, nahmen die ältern Physiker ein immerwährendes mitten im Kerne der Erdkugel brennendes Feuer an, s. Centralfeuer. Man sahe sich aber in neuern Zeiten bald genöthiget, diesen groben Begrif zu verwerfen, das unterirdische Feuer, welches die offenbare nächste Ursache der vulkanischen Ausbrüche ist, näher an die Oberfläche zu versetzen, und von seiner Entstehung und Erhaltung weitere Ursachen aufzusuchen. Hiebey war es nun natürlich, auf Erklärungen aus irgend einer Selbstentzündung zu verfallen. Man kannte aber damals noch wenig Erscheinungen dieser Art.

D. Martin Liſter (The cauſe of the Earth-quakes and Volcano's in Philoſ. Trans. Num. 157. p. 512), der sonst durch viele seltsame Erklärungen bekannt ist, fiel zuerst darauf, Vulkane, Erdbeben und Gewitter aus entzündeten Dämpfen der Schwefelkiese herzuleiten, von welchen Dämpfen er behauptet, daß sie aus einem wahren Schwefel beſtünden, und die Fähigkeit hätten, sich durch Reiben oder Vermischung mit andern Substanzen von selbst zu entzünden. Doch hielt er die freywillige Entzündung nicht einmal für nöthig zur Erklärung der Vulkane, weil er glaubte, daß diese noch von der Schöpfung her unaufhörlich fortbrennten.

Der ältere Lemery (Explication phyſ. et chymique des feux ſouterrains, des tremblemens de terre &c. in

Mém. de l' acad. de Paris, 1700) gab diesem Gedanken ein unerwartetes Licht, indem er folgenden in der Physik sehr berühmt gewordenen Versuch bekannt machte. Er mischte gepülverten Schwefel mit Eisenfeile zu gleichen Theilen, und knetete die Masse mit eben so viel Wasser zu einem Teige. Es stieg sogleich ein hepatischer Geruch auf, und wenn man warmes Wasser genommen hatte, so erhitzte sich das Gemisch augenblicklich (mit kaltem erst nach 4 Stunden), ward schwarz, schwoll auf, erhärtete an der Oberfläche, sprang endlich auf, und verbreitete durch die Risse brennende Dämpfe, die sogleich bey Berührung der Luft in Flammen ausbrachen. Dieser Brand dauerte 10 Stunden, und das Feuer ließ sich durch Anblasen wieder erneuern. Fünf und zwanzig Pfund von jeder Materie zur Sommerszeit in einem mit Leinwand bedeckten Topfe in die Erde vergraben, und einen Fuß hoch mit Erde bedeckt, hoben nach 3 — 4 Tagen die darüber liegende Erde, gaben heisse Schwefeldämpfe, und endlich eine Flamme, welche schwarz und gelbes Pulver umher warf. Dieser Versuch stellte gleichsam einen Vulkan im Kleinen dar. Er ist nachher mehreremale, unter andern noch von Baumé, mit gleichem Erfolge wiederholt worden.

Nun ist in den Schwefelkiesen, die sich in großer Menge unter der Erde befinden, Schwefel und Eisen chymisch vereiniget. Beym Zugange der Luft und Feuchtigkeit erleiden diese Kiese eine Zersetzung, welche man ihr Verwittern (fermentatio fossilis) nennt. Sie verlieren ihren metallischen Glanz und zerfallen in ein Pulver, welches nun einen herben salzigen Geschmack hat. Sind sie in beträchtlicher Menge beysammen, und können Luft und Feuchtigkeit gemeinschaftlich wirken, so entsteht dabey eine beträchtliche Hitze, die unter günstigen Umständen in wirkliche Entzündung ausbricht. Was hiebey vorgeht, läst sich anjetzt deutlicher, als zu Lemery's Zeiten, auseinandersetzen. Die Luft nimmt das Phlogiston des Schwefels in sich, dessen Säure frey wird, und mit dem Eisen einen Vitriol, mit den erdigten Theilen der Kiese Mittelsalze bildet; das Wasser befördert die Auflösungskraft dieser Stoffe; Hitze

und Entzündung entstehen, wie bey jeder Operation, wo locker gebundnes Phlogiston schnell und stark entbunden wird, s. Selbstentzündungen.

Es ist daher seit Lemery's Zeiten fast allgemein angenommen worden, daß das unterirdische Feuer durch das Verwittern der Kiese bey hinlänglichem Zutritte der Luft und des Wassers entstehe. Man hat auch um so viel sichrere Anleitung, dieses zu glauben, da alle Vulkane häufige Spuren von Eisen zeigen, alle Laven mit Antheilen dieses Metalls versetzt sind, die Asche vom Magnet gezogen wird, und unter den vulkanischen Producten Eisenvitriole und andere Eisenerze vorkommen; da der Dampf der Vulkane deutliche Spuren der Schwefelsäure an sich trägt, und in ihrer Nachbarschaft Selenit, Alaun und andere vitriolische Salze erzeugt; da endlich alle noch brennende Vulkane sich in der Nähe des Meers oder auf Inseln befinden, und also einen hinlänglichen Zugang von Wasser haben können, die erloschenen im festen Lande aber zu der Zeit, da sie brannten, auf einem Boden standen, den das Meer nicht längst verlassen hatte, oder der dazumal wohl gar noch vom Meere bedeckt ward.

So wahrscheinlich nun diese Erklärung durch viele Umstände wird, so schließt sie doch darum die Möglichkeit nicht aus, sich noch andere Ursachen der Entzündung, die etwa in der Natur vorkommen können, als mitwirkend zu gedenken, so daß ich es eben nicht für nothwendig halte, alle unterirdische Brände gerade von verwitterten Kiesen herzuleiten. Insbesondere wird es nöthig, zur Erhaltung und Fortdauer des unterirdischen Feuers mehr brennbare Materien im Schooß der Erde aufzusuchen, da die Schwefelkiese allein zu Unterhaltung eines Brandes von Jahrtausenden kaum hinreichend scheinen. Ihre Zersetzung ist bald vollendet, und scheint die Gluth zwar entzünden, aber nicht anhaltend nähren zu können.

Die besten Chymiker und Mineralogen halten Steinkohlen und Alaunschiefer für die schicklichsten, ja vielleicht einzigen unterirdischen Materien, auf welche man hiebey fallen kan. Beyde findet man in ansehnlichen Flötzen

und Lagern in der Erde, allezeit mit eingesprengtem Schwefelkies, und mit dem Vermögen zu brennen; da hingegen andere brennbare Stoffe nicht in erforderlicher Menge vorhanden, wenigstens bisher noch nicht in solcher Menge entdeckt sind. Bergmann setzt noch hinzu, der Gehalt der vulkanischen Producte bestehe hauptsächlich aus Thon mit Kiesel- und Kalkerde, welche Steffe, nebst Erdharz und Kies auch zugleich die Bestandtheile der Alaunschiefer ausmachten. Vom Vesuv insbesondere sey es fast entschieden, daß der Brand seinen Sitz in einem Schieferflötze habe, über welches ein Bette von Kalkstein (vermuthlich zu einem Zweige der Apenninen gehörig) hinwegstriche. Denn die Auswürfe, die das Feuer wenig oder gar nicht verändert habe, seyen allemal Kalkstein, darinn oft noch klarer Kalkspath sitze, der nicht einmal von der Hitze dunkel geworden, indem das Feuer seine volle Stärke nicht eher erhalte, als bis die darüber liegende Decke weggeräumt und abgeworfen sey. Von Schiefern hingegen werde nichts unzersetztes und unverändertes ausgeworfen. Die Entstehung des Salmiaks, der bey den Vulkanen sublimirt angetroffen wird, erklärt Bergmann durch das in den Thonschiefern (worinn oft viel Seethiere begraben sind) enthaltene flüchtige Laugensalz, verbunden mit der Salzsäure, die sich aus dem im Meerwasser befindlichen Bittersalze durch die Hitze entwickle; das Kochsalz des Meerwassers helfe die Schmelzung befördern, das Wasser selbst werde zum Theil ausgeworfen, zum Theil in Dämpfe verwandlet, deren Elasticität, verbunden mit der Menge der entwickelten brennbaren Luft, die schreckliche Gewalt der Explosionen und die Größe der entstehenden Flamme erkläre.

Daß auf eine ähnliche Art entbrannte Steinkohlenflötze zu vulkanischen Ausbrüchen Anlaß geben, und dieselben lange Zeit unterhalten können, ist sehr wahrscheinlich, und unter andern von Herrn Inspector Werner in Freyberg in einem eignen Aufsatze deutlich dargethan worden.

Diese Ursachen sind auch vollkommen hinreichend, alle Phänomene der Vulkane und der mit ihnen offenbar verwandten Erdbeben, so schrecklich und gewaltsam sie auch

Digitized by Google

mmer seyn mögen, zu erklären. Denkt man sich eine große in den innern Hölungen und Gängen der Erde entzündete oder geschmolzene Masse, zu welcher durch ofne Canäle Luft und Wasser Zutritt haben, so ist keine Wirkung so groß, daß man sie nicht von einem so heftigen, und doch gewissermaßen eingeschloßnen Brande mit Grunde herleiten könnte. Die Chymie giebt uns tausend Beyspiele von Erzeugungen elastischer Dämpfe und plötzlichen Entwickelungen von Luftarten, die fast allemal die Wirkung des Feuers begleiten. Das Wasser wird bey Berührung glühender oder schmelzender Massen gewaltsam umher geworfen und verdampft, und die Glühhitze dehnt nicht nur die atmosphärische Luft beträchtlich aus, sondern entbindet auch fast aus allen mineralischen Körpern und ihren Vermischungen eine Menge höchst elastischer Gasarten, deren Daseyn bey den Vulkanen durch die in ihrer Nachbarschaft vorhandnen Mofeten, durch den Geruch und die heftige Flamme ihrer Ausbrüche unläugbar bewiesen wird. Wie groß die Gewalt solcher Dämpfe und elastischen Materien bey der geringsten Sperrung des freyen Ausgangs, zumal bey plötzlicher Entstehung und beym Mitwirken der Hitze sey, beweisen die Erscheinungen des Schießpulvers, Knallpulvers, papinischen Digestors u. s. w. zur Gnüge. Diese Macht der Elasticität löset alle Bande der Schwere und Cohäsion, und kan ohne Widerspruch stark genug gedacht werden, um einen ansehnlichen Theil der Erdfläche, gleich einer Mine, zu erschüttern und zu zersprengen.

Wie man nun die Erdbeben sehr wahrscheinlich aus dem in Gängen und Höhlen gesperrten unterirrdischen Feuer herleitet, so scheinen die Vulkane gleichsam die Schorsteine zu seyn, durch welche die Flammen dieses Feuers hervorbrechen und die Dämpfe nebst allen im Wege stehenden Materien auswerfen. Die Erdbeben, welche die Gegenden um den Vesuv und Aetna erschütterten, hörten gewöhnlich auf, sobald ein hinlänglicher Ausbruch der Berge oder Ausfluß der Lava erfolgte, und nie fürchtet man mehr von ihnen, als wenn die Vulkane dabey ganz still sind. Die elastischen Materien, welche vielleicht an mehrern zer-

Digitized by Google

ſtreuten Orten der Gegend erzeugt ſind, drängen ſich von allen Seiten herbey zu dem Feuerheerde des Vulkans, um durch deſſen Mündung auszugehen. Daraus erklärt ſich das Geheul oder Getöſe, welches vor jedem Ausbruche, ja vor jedem Stoße des Vulkans vorhergeht, und oft einem gewiſſen Takte folgt, indem ſich Dämpfe und Luftarten an verſtopften Orten eine Zeit lang anſammlen, bis ihr Druck ſtark genug wird, um ſich durchzubrechen, und ſie mit dem Sauſen oder Pfeifen eines Windes durch die engen Oefnungen zu führen. Dieſes Getöſe, das dem Poltern von Waſſer, Blaſebälgen, Hämmern ꝛc. gleicht, gab den Alten Anlaß, die Werkſtätte des Vulkans in den Aetna zu ſetzen, woraus die Benennung der Vulkane entſtanden iſt.

Die unglaubliche Höhe und Weite, auf welche oft ſchwere Blöcke oder zahlloſe Mengen kleiner Steintrümmern von den Vulkanen erhoben und fortgeſchleudert werden, kan nicht unbegreiflich ſcheinen, wenn man bedenkt, wie hoch und weit die wenige elaſtiſche Materie, die aus einer Hand voll Schießpulver entwickelt wird, ſchwere Geſchützkugeln oder Schrot forttreibt, wenn dieſe ihrem Ausgange durch eine Mündung im Wege ſtehen.

Es iſt merkwürdig, daß die Ausbrüche der Vulkane von elektriſchen Erſcheinungen begleitet werden. Ferber (Briefe aus Wälſchland S. 148.) ward von dem Profeſſor Vairo zu Neapel verſichert, daß man an ſenkrecht aufgerichteten eiſernen Stangen während der Ausbrüche des Veſuvs allezeit Merkmale der Elektricität finde. Vornehmlich aber gedenken faſt alle Beſchreibungen vulkaniſcher Eruptionen der häufigen Blitze, welche bey heftigen Auswürfen zwiſchen der Erde und den aufſteigenden Feuerſäulen und Rauchwolken entſtehen. Man kan dies nicht für Täuſchung halten, weil ſich dieſe Blitze durch ihre ſchlängelnde Bewegung und Farbe von der wirklichen Flamme des Vulkans deutlich unterſcheiden. Auch iſt es nicht ſchwer, dieſe Erſcheinung zu erklären, da wahrſcheinlich alle Veränderungen der Temperatur, beſonders plötzliche, auf die Luftelektricität wirken, ſ. Blitz, (Th. I. S. 374.), Luftelektricität (Th. III. S. 34), bey den vulkaniſchen Aus-

brüchen aber eine der ſtärkſten und plötzlichſten Erhitzungen eines großen Theils der Atmoſphäre erfolgt. Ueberdies ſind Rauch und Flamme Leiter der Elektricität, durch deren ſchnelle Erhebung die Erde mit den obern Regionen des Luftkreiſes in Verbindung geſetzt wird, wodurch ein häufiger Uebergang der Elektricität, und zwar nicht ſtillſchweigend, ſondern durch Funken oder Blitze, wegen der Geſtalt der Rauchwolken und wegen der ſie trennenden Luft, entſtehen muß. Hamilton verſichert auch, daß bey heftigen Ausbrüchen viele Feuerkugeln fallen, und alle dieſe Luftfeuer in Neapel Ferilli genannt werden.

Offenbar ſind dieſe elektriſchen Erſcheinungen blos begleitende Umſtände. Nur einige, welche lieber die ganze Natur durch Elektricität erklären möchten, haben aus dieſer Quelle den Urſprung der Vulkane ſelbſt herleiten wollen. Beccaria (Lettere del l' elettr. p. 226.) drückt ſich zwar hierüber ſehr gemäßigt aus, und begnügt ſich, Nachrichten von Blitzen aus Vulkanen beyzubringen: auch Hamilton (Beobacht. über den Veſuv, den Aetna u. a. Vulkane, aus d. engl. Berl. 1773. 8. S. 182 u. f.) ſchränkt ſich auf ſolche Nachrichten ein, ob ihm gleich die Meinung vom elektriſchen Urſprunge der Vulkane insgemein beygelegt wird. Aber die hauptſächlichſten Vertheidiger dieſer Erklärung ſind der Abbé Bertholon de St. Lazare (Journal de phyſique de l'Abbé *Rozier* Août. 1779.) und der neapolitaniſche Leibarzt Giovanni Vivenzio (Iſtoria e teoria de tremuoti. Napoli, 1783. 8maj.), welche Erdbeben und Vulkane lediglich der Elektricität zuſchreiben, und als Gegenmittel wider dieſelben eiſerne an beyden Enden zugeſpitzte und unter der Erde in mehrere Zweige ausgebreitete Stangen, unter dem Namen der *Para-tremblemens-de terre* und *Para-Volcans* aufzurichten, vorſchlagen. Man hat dabey noch angeführt, daß unmittelbar nach den Ausbrüchen die Vegetation äuſſerſt lebhaft wird, (welches allerdings Folge der Elektricität iſt), daß die Vulkane hohe hervorragende Gegenſtände ſind, nahe am Waſſer liegen, viel metalliſches enthalten u. ſ. w. Allein es iſt doch augenſcheinlich bey den Vulkanen ein Vorrath brennender Stoffe vorhanden, der nicht

blos eine vorübergehende augenblickliche Flamme erzeugt, sondern einen auf bestimmter Stelle fortdauernden Brand unterhält. Die elektrischen Phänomene sind Wirkungen des Ausbruchs, die sich aus der Erhitzung der Luft und den aufsteigenden Rauchwolken eben so gut, wie jedes andere Gewitter, erklären: aber die Ursache des ganzen Ausbruchs selbst liegt doch handgreiflich in dem Brande, den wohl kein unbefangner Erklärer für ein blos elektrisches Phänomen halten wird (s. Reimarus vom Blitze, §. 100). Da die Erdbeben mit den Vulkanen augenscheinlich zusammenhängen, so mag das Elektrische bey den Erdbeben wohl auch nur begleitend seyn, s. Erdbeben.

Die Wirkungen und Veränderungen, welche die Vulkane auf der Erdfläche hervorgebracht haben, sind ohne Zweifel sehr beträchtlich. Man sieht leicht, daß die ausfließenden und ringsum sich übereinander häufenden Laven, die weit umher geworfenen Steine und Blöcke, die Aschen u. s. w. viel Einfluß auf die Beschaffenheit des Bodens haben müssen. Dazu kömmt noch, daß sich an den Orten der Ausbrüche selbst, wie zu Anfang dieses Artikels angeführt ist, Kegel mit Cratern bilden, die bisweilen eine sehr ansehnliche Höhe erreichen, nach der Zeit aber zum Theil wieder zusammenstürzen, und nur dunkle Spuren ihres ehemaligen Daseyns zurücklassen. Solche Berge und Spuren finden sich so häufig, daß man genöthigt ist, eine eigne Classe der Berge unter dem Namen der **vulkanischen** von den übrigen zu unterscheiden, s. Berge (Th. I. S. 311). Diese vulkanischen Berge machen selten zusammenhängende Gebirge aus; es ist ihnen vielmehr eigen, sich freystehend in der bekannten zuckerhutähnlichen Gestalt, insgemein mit Spuren eines Craters, zu zeigen.

Diese Classe von Bergen hat kein genau bestimmtes Alter. Einige scheinen zwischen der Epoche der Flötz- und aufgeschwemmten Gebirge (d. i. der zweyten und dritten Ordnung), andere erst zur Zeit der Entstehung der letztern gebrannt zu haben. Denn bisweilen haben sie nur eine dieser beyden Hauptgebirgsarten, bisweilen beyde, durchbrochen und überschüttet. Daß ihre Lagerstätten innerhalb

der urſprünglichen Gebirge vorkämen, davon hat man noch keine ganz zuverläßigen Beobachtungen. Man findet aber vulkaniſche Materien mit Kalkflötzen und calcinirten Conchylien überdeckt, deren Urſprung in die Zeit fallen muß, da unſer Land noch Meergrund war.

Nach dem Syſtem des Herrn de Lüc ſind die alten Vulkane unſerer Länder noch unter dem ehemaligen Meere ausgebrochen, deſſen Waſſer ſich durch den Boden filtrirte, und in den unterirdiſchen Höhlen innere Gährungen erzeugte. Die Laven häuften ſich und bildeten die größern vulkaniſchen Berge; bisweilen brannte das Feuer in abwechſelnden Perioden, und es entſtanden abwechſelnde Lagen von Bodenſätzen des Meers und vulkaniſchen Producten. Die heftigen Erdbeben erſchütterten die alten und hauptſächlich die Schieferberge, und erzeugten die Spalten oder Gänge, die ſich nachher mit fremden Materien anfüllten. Die Ausbrüche warfen Trümmern des urſprünglichen Bodens weit umher, die ſich auf dem Meergrunde rollten, abrundeten und unter die Bodenſätze mengten. Durch eingeſtürzte Höhlen ward die Fläche des alten Meeres immer niedriger, und es bildete zuletzt nur noch ſandige und thonichte Bodenſätze. Zu dieſer Zeit wütheten die Vulkane heftiger, und warfen hie und da ungeheure Granitblöcke umher. Endlich erfolgte die große Revolution, die unſer Land aufs Trokne brachte, ebenfalls durch unterirdiſches Feuer, welches die Höhlen unter dem alten feſten Lande durchbrach und einſtürzte. Nun wirkten die Vulkane in den neuentſtandnen Ländern noch eine Zeit lang in voller Stärke; aber nach und nach verloſchen ſie, weil die Materien vertrokneten, und es an Verbindung mit Waſſer gebrach; ſie erhielten ſich nur noch in der Nähe des Meers: dagegen brachen im neuen Meere neue Vulkane aus, die eine Menge Inſeln bildeten.

Herr de Lüc hat die meiſten dieſer Behauptungen durch mehrere auf ſeinen Reiſen gemachte Beobachtungen beſtärkt. Sollte er auch hiebey manches für vulkaniſch gehalten haben, deſſen Entſtehung ſich beſſer vom Waſſer herleiten ließe; ſollte man überhaupt ſeine Beweiſe nicht alle-

Digitized by Google

mal überzeugend, und seine Einbildungskraft bisweilen zu lebhaft finden; so wird man doch einräumen müssen, daß unter allen Hypothesen über die Bildung der Erdfläche die seinige noch immer die gründlichste und gemäßigtste bleibe, und daß er den großen Antheil, der dabey den Vulkanen zugehört, unläugbar erwiesen habe. Alle Umstände und Bestimmungen überzeugend anzugeben, ist in einer Sache dieser Art, ihrer Natur nach, unmöglich.

Von Moro's System, welches die Entstehung und Erhebung aller Berge vom unterirdischen Feuer herleitet, und von mehreren andern, welche die Vulkane auf verschiedene Weise zu Hülfe nehmen, ist bereits beym Worte Erdkugel gehandlet worden.

J. A. de Luc Physikal. u. moral. Briefe über die Gesch. der Erde und des Menschen, a. d. franz. Leipzig, 1781. II. Th. gr. 8. an mehreren Stellen.

Torb. Bergmann phys. Beschreibung der Erdkugel, a. d. schwed. durch Köhl. II. B. Greifsw. 1780. gr. 8. §. 150.

Erxleben Anfangsgr. der Naturl. 4te Aufl. §. 785 — 787.

Gren Grundriß der Naturlehre. §. 941 — 945.

Vulkanische Producte, Producta vulcania, s. vulcanica, *Matières volcaniques.* Man bezeichnet mit diesem Namen solche natürliche Körper, welche durch das unterirdische Feuer erzeugt oder doch beträchtlich verändert, und von den Vulkanen ausgeworfen worden sind. Man schließt aus der Gegenwart solcher Körper an Orten, wo jetzt keine Vulkane mehr brennen, auf ehemalige Ausbrüche des unterirdischen Feuers; daher die Kenntniß und Bestimmung der vulkanischen Producte für die Geologie sehr wichtig ist.

Bergmann (De productis vulcaniis in Nov. Act. reg. soc. Vpsal. To. III, ingl. in Opusc. Vol. III. p. 200. sqq.) hat chymische Untersuchungen dieser Materien mit vieler Sorgfalt angestellt, und in guter Ordnung vorgetragen. Er redet zuerst von denjenigen Producten, welche blos auf dem trocknen Wege erzeugt werden, und theilt dieselben in erdigte, salzartige, brennbare und metallische.

Digitized by Google

Unter den erdigten Producten kommen einige als verkalkte und ausgebrannte, andere als geschmolzne Massen vor. Zu den erstern gehören die Pozzolanerde, der Traß, der Bimsstein und die weisse Erde der Solfatara, zu den letztern die Laven.

Die Pozzolanerde (Terra puteolana, Cineres Vulcanorum, *Pouzzolane*), welche um Neapel und Rom sehr häufig ist, und überhaupt in allen vulkanischen Gegenden gefunden wird (s. Desmarest über die Puzzolanen in Auvergne, in den Samml. zur Phys. u. Naturgesch. II. B. 1. St. S. 105. *Faujas de St. Fond* sur les Volcans éteints du Vivarais &c.) ist ein vom Feuer gebrannter eisenschüßiger Thon mit etwas Kalkerde von rother, brauner, grauer oder schwarzer Farbe, der oft als eine lockere staubige Erde, oft auch etwas mehr zusammengebacken oder körnig vorkömmt, im Feuer zu schwarzer Schlacke schmelzt, und mit Wasser und Kalk vermischt einen vortreflichen Mörtel giebt, dessen sich schon die Alten häufig zum Bauen bedienten. Der vulkanische Sand (Lapilli, *Rapillo, Rena (Arena) del Vesuvio*), der bisweilen so fein ist, daß er während der Ausbrüche in verschloßne Schränke eindringt, und in dieser Gestalt auch Asche genannt wird, kömmt in Absicht auf seine Bestandtheile mit der Pozzolana überein, nur ist er weniger eisenhaltig, und hat daher eine hellere, graue oder weisse Farbe; doch zieht der Magnet aus ihm noch viele Eisentheile. Mit dieser Materie, die wohl auch zum Theil aus zertrümmerter Lava besteht, überdecken die Vulkane weite Strecken, und daraus bildet sich auch die Masse der Kegel.

Der Traß, Tarras, oder die vulkanische Tufa (Tophus *Vitruv.* Tarras, *Tarras*) entsteht durch die Verhärtung der Pozzolanerde und des vulkanischen Sandes zu einer steinartigen Masse, die wegen des Antheils von Kalkerde mit Säuren brauset, und viel fremde Beymischungen, z. B. Glimmer, Bimstein, Schörl und Granaten, auch wohl Thierknochen, Conchylien u. dergl. enthält. Herculanum und Pompeji waren großentheils davon erbaut. Um Neapel und Rom findet man ansehnliche Brüche da-

Digitized by Google

von, und der Pausilipp, in welchem die berühmte Grotte eingehauen ist, besteht fast ganz daraus. Zerstoßen oder gemahlen zeigt er die bindende Eigenschaft der Pozzolane, und wird zu Mörtel gebraucht.

Man findet im westlichen Deutschland, vornehmlich an den Ufern des Rheins, bey Andernach und Niedermennich den ähnlichen **Mennicher Stein**, **Andernacher oder köllnischen Tuffstein**, **Lungenstein**, der dort sehr häufig gebrochen und nach den Niederlanden verführt wird, wo man ihn theils als Pflaster- und Baustein, theils gemahlen zu Mörtel braucht. Diesen Stein haben **Collini**, **de Lüc**, **Hamilton**, (deren Schriften im vorhergehenden Artikel angeführt sind) u. a. für einen wahren vulkanischen Traß angenommen, mit welchem er auch die löchrige Structur, den Grad der Härte, die graue traurige Farbe, die Bestandtheile, das Verhalten im Feuer, die bindende Kraft, die eingemengten Körper, wirklich gemein hat. Ob nun gleich die Spuren ehemaliger Vulkane in diesen Gegenden kaum zu verkennen sind, so haben doch einige Mineralogen (s. **Nose** orographische Briefe über das Siebengebirge und die benachbarten zum Theil vulkanischen Gegenden am Ufer des Niederrheins. Frkf. 1788. gr. 8. S. 110.) dieses Gestein lieber aus dem Verwittern eines sogenannten Granitporphyrs (festen Thons mit Feldspath) herleiten wollen.

Der **Bimsstein** (Pumex, *Pierre-ponce*) findet sich häufig bey feuerspeyenden Bergen, sehr oft in andere Producte derselben eingeschloßen, aber nicht bey allen, z. B. durchaus keiner beym Aetna, desto häufiger in den liparischen Inseln. Man findet ihn auch in Auvergne und am Rhein. Er enthält Thonerde und Bittererde, ist voll von Löchern, schwimmt auf dem Wasser, und zeigt dünne, gleichlaufende und spröde Fasern. Seine Entstehung leitet **Hamilton** von glasigter, erst bey späterm Erkalten ausgespritzter Lava, **Bergmann** von ausgebranntem Asbest, **Dolomieu** (Reise nach den liparischen Inseln) aus Glimmerschiefer und leichtflüßigen Graniten her; **de Lüc** (48 Brief) glaubt, er bestehe aus geschmolzenen Materien, und werde

erſt weiß und leicht, wenn er eine Zeit lang an der Luft und Sonne gelegen habe.

Die weiſſe Erde der Solfatara iſt eine durch die Dämpfe der flüchtigen Schwefelſäure ausgebleichte und nach und nach verwitterte Miſchung von Thon- und Kieſelerde, vermuthlich aus einer Lava entſtanden.

Die Laven, von deren Ausfließen bey dem Worte Vulkane gehandlet worden iſt, verhärten unter mancherley Geſtalt. Die meiſten haben eine dunkle Farbe, geben einen weißgrauen Strich, ſchmelzen im Feuer zu ſchwarzer Schlacke, zeigen einen ſtarken Eiſengehalt, durch den ſie auf die Magnetnadel wirken, enthalten viele fremde Theile, z. B. Baſaltblende, Feldſpath, Glimmer, Schörl, Chalcedon, Feuerſtein, Zeolith, Thonſchieferſtücken, Eiſenſtein, Quarz eingemengt: finden ſich auch oft zertrümmert und wieder zuſammengebacken, als Lavabreccien. Oft ſind ihre Löcher in der Folge der Zeit mit andern Steinarten wieder angefüllt worden. Es giebt poröſe, dichte, ſchlackigte und glaſigte Laven. Die poröſen kommen bey den noch brennenden Vulkanen am häufigſten vor, dienen zu Mühlſteinen, auch wegen ihrer Leichtigkeit zu Dächern, daher in Italien eigne Steinbrüche von Laven angelegt ſind. Ihre Löcher ſind ziemlich grob, und gemeiniglich leer. Die dichten (Baſaltlaven) ſind bey den ausgebrannten Vulkanen gemeiner, und ſcheinen aus leichtflüßigem ſtärker geſchmolzenen Stoffe entſtanden zu ſeyn. Sie laſſen ſich zu Platten ſchneiden, wie Marmor poliren, und die dichteſten geben mit dem Stahle Feuer. Sie enthalten viele fremde Steinarten eingemengt, und einen guten Theil Eiſen. Die ſchlackigten bekleiden die Seitenwände der Höhlen in den Vulkanen, und hängen, wie Eiszacken (Lava ſtalagmitica) von ihren Decken herab. Am Aetna ſitzen ſie meiſtens von auſſen unter mancherley Geſtalten auf den Lavaſtrömen. Sie kommen an Härte, Klang und innerm Glanze dem Glaſe näher, und ſcheinen aus den Theilen zu beſtehen, die durch Berührung irgend eines Hinderniſſes zuerſt geronnen ſind. Die glaſigte Lava, der Glasachat (Lapis obſidianus) gleicht einem eiſenhaltigen Glaſe, iſt

Digitized by Google

aber etwas strengflüßiger und nie ganz durchsichtig, hat gewöhnlich eine schwarze Farbe, kömmt aber auch grau, grünlich, bläulich vor. Es findet sich dergleichen auf Lipari, Island, in den peruanischen Vulkanen u. s. w. Man trug sonst Rockknöpfe davon, und die Einwohner von Neuspanien und Peru bereiten eine Art von Spiegeln daraus. Die meisten dieser Laven verwittern früher oder später zu Thon, und geben ein überaus fruchtbares Erdreich.

Aehnliche Materien entstehen hin und wieder durch Erdbrände oder Entzündungen von Kohlenflötzen und Thonschiefern, die von selbst oder durch Unvorsichtigkeit entbrennen, wie z. B. in dem brennenden Berge zu Dutweiler in Saarbrück (s. Habel Beytr. zur Naturgesch. der nassauischen Länder. Dessau, 1784. 8. S. 22.), in dem Schlatnitzer und Selnitzer Berge in Böhmen (Abhandl. der böhmisch. Ges. der Wissensch. für 1788. S. 26. 180. 195 u. f.), wo der Thonschiefer an den Stellen, die hinlänglichen Zug haben, bald einer schlackenartigen Lava, bald einem Bimsteine, ähnlich wird. Man kan also aus der Gegenwart solcher Producte nicht ganz sicher auf einen förmlichen Vulkan, allemal aber doch auf unterirdisches Feuer schließen.

Ausser diesen unstreitigen Producten des unterirdischen Feuers giebt es noch Steinarten, deren Entstehung theils zweifelhaft, theils offenbar mit Unrecht den Vulkanen zugeschrieben worden ist.

Zur ersten Classe gehört vornehmlich der **Basalt, Säulenstein** oder **Pfeilerstein**, der von dem Basaltes oder Lapis aethiopicus der Alten (aus welchem so viel altegyptische Kunstwerke, z. B. die Grundlage der schönen Pyramide des Mycerinus zu Cairo, nebst einer Menge Sarkophagen, Büsten u. dergl. verfertigt sind, (s. *Plin.* H. N. XXXVI. 7.) wohl zu unterscheiden ist, und erst seit Agricola's Zeiten den Namen Basalt erhalten hat. Dieser Stein hat eine dunkle schwarzgraue Farbe, inwendig keinen Glanz, einen weißgrauen Strich, dichten Bruch, und zerbricht in eckigte Stücke von unbestimmter Gestalt. Seine Masse scheint den dichten Laven gleich, man findet auch in ihm alle die fremden Steinarten, wie in den Laven, eingemengt: er ver-

Digitized by Google

wittert leicht an der Luft, schmelzt im Feuer zu einer Schlacke, hat einen starken Eisengehalt, und daher ein großes eigenthümliches Gewicht. Ganz eigen ist es dem Basalt, daß man ihn in seinen eigentlichen Lagerstätten in eine Menge gegliederter Säulen zertheilt findet, die meistentheils aufrecht stehen, zuweilen schräg liegen, an einigen Orten auch eine gebogne Gestalt haben.

Aus solchen Säulen besteht der sogenannte **Riesenweg** oder **Riesendamm** (Giants-Causeway) an der Nordküste von Irland, den ausser mehrern Beobachtern (s. Phil. Trans. abridged by *Lowthorp*, Vol. II. p. 514. sqq.) auch **Pocock** (Phil. Trans. Vol. XLV. Num. 485. p. 124). und **Hamilton** (Lettres concerning the northern coast of the county of Antrim. Lond. 1768. 8.) beschrieben haben. Die Abbildung desselben findet sich auch in den Abhandlungen zur Naturgeschichte, Physik und Oekonomie, aus den Philosophischen Transactionen (Leipzig, 1779. gr. 4. Taf. XIII.). Mehr als 30000 Basaltsäulen von 20 Zoll Durchmesser und 15 Fuß Höhe stehen dicht an einander und bilden oben eine große gangbare Ebne. Sie sind meistens 5 — 6seitige Prismen, und aus Gliedern von 8 — 12 Zoll Höhe zusammengesetzt, deren jedes auf einer Seite convex, auf der andern concav, und an den Ecken fast, wie eine Krone, zugespitzt ist. Einen noch größern Riesenweg auf der Insel Staffa, einer von den Hebriden bey Schottland, dessen Säulen die berühmte Fingalshöhle bilden, beschreibt **Banks** (in Pennant's Tour in Scotland. Chester, 1774. 4. p. 261. sqq.). **Strange** (Philos. Trans. Vol. LXV. P. I. n. 2.) führt deren noch zween im venetianischen Gebiete (Monte rosso und Monte diavolo), und einen in Wales an. Oft bildet der Basalt ziemlich steile Bergkuppen, die das Ansehen stark abgestumpfter Kegel haben, und da, wo das Gestein entblößt, und nicht allzustark verwittert ist, ebenfalls aufrechtstehende oder zusammengeschichtete Säulen zeigen. So zeigt er sich z. B. bey Stolpen in Sachsen, und bey Bolsena, wo ein Basaltberg mit Säulen auf einem Grunde von vulkanischer Asche steht, und der Crater des alten Vulkans einen See bildet, (s. **Ferbers** Briefe aus

Wälschland). Die Basalthügel sitzen sonst auf Wacke, Thon, Sand oder Kohlenflötzen, die dann wieder Kalkstein, Hornstein, Sandstein, Gneus, Granit ꝛc. unter sich haben, und Berge dieser Art bilden in Sachsen, der Oberlausitz, Thüringen und Hessen ganze Züge.

Sehr viele haben den Basalt zu den vulkanischen Producten gerechnet, und seine säulenförmige Gestalt als eine Wirkung der Krystallisation oder regelmäßigen Zerberstung betrachtet, welche so vielen geschmolzenen Massen, wenn sie erhärten, eigen ist, s. **Krystallisation**. Nachdem dieses schon von **Desmarest**, (Mém. de Paris, 1771. p. 705), **Ferber**, **Raspe** (Beytrag zur natürl. Gesch. von Hessen. Cassel, 1774.), **Hamilton** u. a. behauptet worden war, suchte es **Faujas de St. Fond** (Recherches sur les Volcans éteints du Vivarais etc. Paris, 1778. fol.) durch mehrere Gründe, und vornehmlich aus zwoen nebeneinander stehenden Basaltsäulen zu erweisen, die ein eingeschloßnes Stück Granit beym Zerbersten zerrissen und so unter sich getheilt hatten, daß die Flächen beyder Stücken sich genau an einander passen ließen. **De Lüc** (51 Brief) nahm an, die Basalten seyen unter dem Wasser des alten Meeres entstanden, dessen Berührung die geschmolzenen Laven plötzlich erkältet, und so das Zerbersten in Säulen veranlasset habe, welches bey den jetzigen Laven, die an der Luft langsamer abkühlen, nicht mehr statt finde. Eben dies glauben **Hamilton** und **Dolomieu** (Mém. sur les isles ponces &c. Paris, 1788. 8.). Andere, z. B. **von Veltheim** (Etwas über die Bildung des Basalts &c. Leipzig, 1787. 8. Neue Auflage 1789.) nehmen dagegen an, die Zerberstung sey durch sehr langsames Erkalten geschehen, indem die Basaltsäulen mit anderer jetzt weggeschwemmter Lava überdeckt, und also gegen die äussere Luft geschützt gewesen wären. Diese sehen also die Basalthügel als den innern, jetzt allein noch übrigen, Kern alter Lavagebirge an. Den vulkanischen Ursprung der Basalte und ihre Verbindung mit andern vulkanischen Materien bestätigt auch **Leske** (Reise durch Sachsen. Leipzig, 1785. gr. 4. S. 326. u. f.) durch seine Beobachtungen am Spitzberge bey Heidersdorf und

Digitized by Google

andern Basalthügeln der Gegend um Lauban in der Oberlausitz. D. Hutton (Trans. of the royal soc. of Edinb. Vol. I. 1788.) sieht den Basalt als eine unterirdische Lava an, die erst mit der Zeit der Luft ausgesetzt worden.

Dagegen hat schon Bergmann erinnert, die große Aehnlichkeit des Basalts mit dem Trapp, der in den schwedischen Gebirgen gewöhnlich den unzerstörten Thonschiefer begleite, mithin gewiß kein vulkanisches Product sey, führe vielmehr darauf, daß diese Steinart von einem Bodensatze des Wassers herkomme, der als eine breyartige thonige Masse beym Eintroknen und Erhärten die Risse bekommen habe, die ihn nach ebnen oder krummen Flächen theilen. Er sieht übrigens als möglich an, daß das unterirdische Feuer hin und wieder die Austroknung könne beschleuniget, und die Spaltung befördert haben. Diese Aehnlichkeit des Basalts mit dem Trapp und der Wacke wird von allen Mineralogen anerkannt.

Herr Inspector Werner in Freyberg machte im Jahre 1788 an dem Scheibenberger Hügel, einem bekannten Basaltberge, die interessante Bemerkung, daß daselbst unten eine mächtige Sandschicht, darüber einige Thonschichten, hierauf eine Wackenschicht, und über derselben der Basalt auflag; wobey sich der Sand unmerklich in Thon, der Thon in Wacke, die Wacke in Basalt verlief. Es drängte sich ihm hiebey unwiderstehlich der Gedanke auf, daß diese Materien alle von einer Formation und durch einen nassen Niederschlag entstanden seyn müsten, indem das Wasser zuerst Sand, dann Thon, hierauf Wacke und endlich die Masse des Basalts abgesetzt habe. Er glaubt also, aller Basalt habe ehedem ein einziges, weit über viele uranfängliche und Flötzgebirge verbreitetes Lager ausgemacht, das die Zeit gröstentheils zerstört, und nur die Basaltkuppen als Ueberbleibsel zurück gelassen habe (s. Gothaisches Mag. für das Neuste aus der Phys. VI. B. 1 St. S. 75.). Herr Werner (im Bergmännischen Journal 1788. S. 513. und 1789. S. 345. 485.) hat diesen Ursprung des Basalts aus dem Wasser noch mit mehrern Gründen bestärkt, und es ist seine Meinung auch von Herrn Karsten (Berg-

Digitized by Google

männ. Journal. 1788. S. 345.), von Lehmann (Der Basalt. Frkt. am Mayn, 1789. 8.), Widenmann (im Magazin für die Naturkunde Helvetiens B. IV. S. 137.) vertheidiget worden, wogegen Herr Voigt (Mag. für die Naturk. Helv. B. IV. S. 214.) den vulkanischen Ursprung des Basalts zu retten gesucht hat. Dieser Streit und ähnliche Untersuchungen haben mit unter nicht blos den Basalt, sondern die Wirkungen der Vulkane auf die Bildung der Erdfläche überhaupt betroffen, und es sind darüber unter den Geologen die zwo Partheyen der Vulkanisten und Neptunisten entstanden. Unläugbar giengen die erstern oft zu weit und glaubten überall erloschene Vulkane und Spuren ihrer Wirkungen zu sehen; eben so leicht aber können die letztern in den entgegengesetzten Fehler verfallen, und dem unterirdischen Feuer zu viel absprechen.

Eben so ungewiß ist man über den Ursprung des rheinländischen Mühlensteins, der bey Niedermennich 24 Klaftern tief unter Steinlagern bricht, die voll von Bimssteinbrocken sind, auch am Hekla, in Böhmen und Oesterreich gefunden wird, des Backofensteins *(pierre à four)* bey Bell im Erzstifte Trier, und der Basaltblende, die sich nur in Basalt, Bimsstein, Traß und Laven eingewachsen findet. Der Mühlen- und Backofenstein sind in vielen Stücken den Laven ähnlich, und werden von Collini, Hamilton, de Lüc ꝛc. für entschieden vulkanisch gehalten.

Die weissen Granaten, die man so häufig in den Laven des Vesuvs findet, hält Bergmann für ein Product der Schmelzung, wogegen sich aber einwenden läst, daß sie nicht allein in der Lava, sondern auch in der Asche, gefunden werden, und daß sie bey andern Vulkanen fehlen, wo das Feuer keine ihrer natürlichen Lagerstätte berührt. Die krystallisirten Schörle, die unter andern auch im durchsichtigen Kalkspathe vorkommen, und also nicht durchs Feuer erzeugt seyn können, Zeolith u. dergl. sind offenbar nur losgebrochne Materien, und nicht zu den vulkanischen Producten zu rechnen.

Zu den salzartigen vulkanischen Materien gehören flüchtige Schwefelsäure, wie z. B. auf der Solfatara und bey

Digitized by Google

Viterbo, wo eine dünne Vitriolsäure aus Ritzen läuft; Luftsäure, Kochsalz, Salmiak: zu den brennbaren Bergöl, Schwefel, brennbare Luft: zu den metallischen vornehmlich Eisen, das sich fast in allen vulkanischen Materien findet, und durch Schwefel vererzter Arsenik, seltner Kupfer.

Auf dem nassen Wege entbinden oder erzeugen sich in den Vulkanen Luftsäure, Mineralalkali, Glauberfalz, Gyps, Bitterfalz, Alaun, Eisenvitriol, und vielleicht noch mehrere Mittelsalze, welche sich im Wasser auflösen, und zu der Entstehung der warmen Quellen und anderer mineralischen Wasser Anlaß geben, welche in der Nachbarschaft der Vulkane so häufig angetroffen werden.

Leonhardi in s. Ausgabe von Macquers chym. Wörterbuch, Art. Vulkanische Producte.

Bergmann physik. Beschreibung der Erdkugel durch Röhl. II. B. §. 150.

Gmelin Grundriß der Mineralogie. Göttingen, 1790. 8. §. 222. — 225. 239 — 259.

W.

Wärme, Calor, *Chaleur*. Dieses Wort wird vornehmlich in dreyfacher Bedeutung gebraucht. Erstens zeigt es eine allgemein bekannte Empfindung an, welche durchs Gefühl in uns entsteht, und da sie ganz Sache des Sinns ist, mit Worten nicht beschrieben werden kan. Hohe, dem Gefühl beschwerliche oder unerträgliche Grade dieser Empfindung nennen wir **Hitze**. Wir fühlen allemal Hitze oder Wärme bey Berührung und Annäherung des sogenannten Feuers, oder solcher Körper, in welchen das Feuer Wirkungen hervorbringt, und sehen also diese Empfindung gleichfalls als eine Wirkung des Feuers an. Die entgegengesetzte Empfindung des Mangels der Wärme nennen wir **Kälte**.

Zweytens bedeutet **Wärme** den Zustand der Körper, in welchem sie unserm Gefühl bey der Berührung die vorgedachte Empfindung verursachen. So schreiben wir der Sommerluft Wärme, der glühenden Kohle Hitze zu. Un-

Digitized by Google

ser Körper selbst hat eine ihm eigne Wärme, die wir deutlich fühlen, besonders wenn die äussern weniger warmen Theile mit den bedecktern, z. B. die Hand mit der Brust, in Berührung kommen. Dieser Begrif von Wärme ist blos relativ. Wo ein Mensch oder ein Theil des Körpers Wärme fühlt, da fühlt oft der andere Kälte. Es kömmt darauf an, ob die Ursache der Empfindung in dem gefühlten, oder in dem fühlenden Körper, wirksamer ist. Nur in jenem Falle fühlt der letztere Wärme, in diesem Kälte. So wäre Wärme eigentlich derjenige Zustand eines Körpers, in welchem sein Feuer wirksamer ist, als in einem andern ihn berührenden Körper.

Da aber die Erfahrung keinen Zustand der Körper zeigt, in welchem man selbige aller Wirksamkeit des Feuers beraubt oder absolut wärmeleer nennen könnte, so verstattet man sich, mit dem Namen der **Wärme**, oder besser, der **fühlbaren Wärme**, überhaupt den Zustand der Körper in Absicht auf die jetzt gedachte Wirksamkeit ihres Feuers zu bezeichnen, ohne Beziehung darauf, ob sie der anfühlenden Hand warm oder kalt vorkommen. In diesem Sinne ist selbst im Eise und gefrornen Queckſilber noch Wärme vorhanden — ein Zustand, der aufs Gefühl und Thermometer wirkt, indem er sich andern berührenden Körpern mitzutheilen, und durch alle Stoffe bis zu einem gewissen Gleichgewichte zu verbreiten strebt.

Endlich wird drittens der Name **Wärme** sehr oft der physischen Ursache dieser Erscheinungen, oder derjenigen Materie beygelegt, welche jenes Gefühl und jenen Zustand der Körper bewirkt, und freylich schicklicher den Namen **Wärmestof** (Materia caloris s. calorifica) führt. Diese Materie heißt sonst auch **Feuer**; daher ist ihr unter diesem Namen bereits ein eigner Artikel dieses Wörterbuchs gewidmet worden, wo auch noch mehrere Benennungen von ihr vorkommen*). In der neuen Sprache des antiphlogistischen Systems heißt sie das *Calorique* (Caloricum).

*) Jetzt brauchen mehrere Physiker das Wort Feuer nur von der mit Licht begleiteten Wärme. Dieser sehr schicklichen

Der Sprachgebrauch in der Lehre von Feuer und Wärme ist noch so schwankend, daß ich nicht vermeiden kan, das Wort **Wärme** selbst bald für Zustand der Körper, bald für Wärmestof zu gebrauchen. Uebrigens werde ich diesen Gegenstand so behandeln, daß ich zuerst die Erregung und die gewöhnlichsten Wirkungen der Wärme erzähle, welche auf die Vermuthung eines eignen Wärmestofs führen, dann aber von den Eigenschaften dieses Stofs und seinen verschiedenen Verbindungsarten mit den Körpern rede.

Erregung und Mittheilung der Wärme.

Es giebt mehrere Mittel, Körper zu erwärmen, d. h. sie in einen Zustand zu versetzen, in welchem sie in uns das Gefühl der Wärme stärker, als vorher, erregen. Hiezu gehören als unmittelbare Erregungsarten das Reiben, die Aussetzung an die Sonnenstralen, und die Vermischung gewisser ungleichartiger Stoffe, als ein mittelbarer Weg (der nemlich etwas schon vorher erwärmtes voraussetzt) die Berührung mit wärmern Körpern. Die thierischen Körper bringen, so lang ihr Leben dauert, aus sich selbst eine Wärme hervor, welche allem Ansehen nach durch gewisse in ihnen vorgehende und durch ihre Organisation beförderte Mischungen entspringt, s. **Wärme, thierische.**

Das **Reiben** ist ein sehr bekanntes Mittel Wärme zu erregen, die bis zum Glühen und Brennen gehen kan. So zündeten die Alten ihre Feuer an (*Plin.* H. N. XVI. 40.) und die Araber bedienten sich dazu zweyer Hölzer, die sie **March** und **Aphar**, auch beyde **Zabdan** (die zwey Reiber) nannten (s. **Michaelis** von alten Mitteln Feuer anzuzünden, in s. Vermischten Schriften, S. 97). Unser Feuerschla-

Bestimmung würde ich selbst folgen, wenn ich den Plan meines Wörterbuchs jetzt anzulegen hätte. Aber, wie die Sache nun steht, bin ich genöthigt, hier noch einiges vom Wärmestof beyzubringen, das dem eigentlichen Plane nach in den Artikel Feuer gehörte. Man wird dies entschuldigen, wenn man bedenkt, wieviel während meiner Arbeit am Wörterbuche über diesen Gegenstand hinzugekommen ist.

Digitized by Google

gen mit Stahl und Stein beruht ebenfalls darauf, s. Funken. Je härter die Körper sind, je stärker sie gegen einander gedrückt, und je schneller sie an einander bewegt werden, desto mehr entsteht Hitze, wie beym Bohren, Schleifen, Sägen, Drechseln, Hämmern der Metalle u. s. w. Der Drechsler brennt in das schnell rotirte Holz blos durch das Andrücken eines hölzernen Stäbchens verkohlte schwarze Ringe ein. So entbrennen die Axen in den Wagenrädern, und die Zapfenlager in den Mühlwellen durch Reibung, wenn man sie nicht genugsam einschmieret oder befeuchtet. Neue Versuche über die durch Reiben erregte Wärme findet man bey Pictet (Versuche über das Feuer a. d. frz. Tübingen, 1790. 8. Cap. 9.). Eine eigne im Vacuo angebrachte Reibmaschine zeigte, daß daselbst die erregte Wärme stärker, als an der Luft ist, auch sich augenblicklich zeigt, da sie in der Luft erst dann am stärksten wird, wenn die Bewegung aufhört, weil die Luft sie mit sich fortführet und zerstreuet.

Die Einwirkung der Sonnenstralen erwärmt die Körper, wiewohl nicht alle in gleichem Grade. Schwarze und dunkelgefärbte werden unter gleichen Umständen stärker, als weisse und hellfarbige, erwärmt, vermuthlich weil diese die meisten Stralen zurückwerfen, jene hingegen sehr viele in sich nehmen. Es scheinen überhaupt schwarze Farben für die Wärme empfänglicher, als helle, zu seyn. Cavallo und Pictet haben bemerkt, daß Thermometer mit geschwärzten Kugeln nicht nur an der Sonne, sondern auch am bloßen Taglichte, höher stehen, als andere, deren Kugeln blank sind. Eng zusammengebrachtes Sonnenlicht erregt heftige Hitze und Entzündung, s. Brennglas, Brennspiegel. Darum und weil auch unser Körper an der Sonne mehr Wärme empfindet, hielt man sonst die Sonnenstralen selbst für warm, oder für etwas dem Wärmestof gleiches, wenigstens Wärmestof enthaltendes. Aber Herr de Lüc (Briefe über die Geschichte der Erde ꝛc. 141ster Brief. ingl. System über die Wärme in den leipz. Sammlungen zur Physik und Naturg. II. Band, 6. Stück. S. 643 u. f.) zeigt deutlich, daß diese Stralen nicht wirklich Wärme mit-

Digitized by Google

theilen, sondern nur die in den Körpern selbst befindliche rege machen. Er bestätigt dieses durch Beobachtungen des Herrn **Pictet**, welche beweisen, daß das Abnehmen der Wärme in den obern Gegenden der Atmosphäre blos von der geringen Dichte der Luft herkömmt, in welcher die Sonnenstralen wenig Wärme entwickeln können; nicht aber, wie man es sonst erklärte, von dem Mangel der Erwärmung durch die Erdfläche, welche überhaupt wenig zur Erwärmung der Luft beyträgt.

Endlich entsteht Wärme bey unzählbaren Vermischungen ungleichartiger Stoffe, z. B. des Wassers mit Vitriolöl oder ungelöschtem Kalk, der Oele mit den mineralischen Säuren, bey so vielen Auflösungen, Gährungen, Verwitterungen, und allen Arten der Selbstentzündung. Dagegen erfolgt auch bey manchen Auflösungen Verminderung der Wärme, s. **Kälte, künstliche.**

Noch vor kurzem suchten die meisten Naturforscher alle unmittelbaren Entstehungsarten der Wärme auf eine einzige, nemlich auf **Reibung** der Theile aneinander zurück zu führen. Die Sonnenstralen sollten die Theile der Körper erschüttern, und sie zu einer Reibung an einander nöthigen: Gährung, Auflösung und Mischung sollten innere Bewegungen, folglich ein Reiben der Theile veranlassen, und dadurch Wärme erregen. Aber auf diesem Wege erklären sich die Erkältungen nicht, die doch bey Mischungen, z. B. von Schnee und rauchendem Salpetergeist, eben so wohl als die Erwärmungen, vorkommen. Die Theile des Schnees und Salpetergeists müssen sich doch auch reiben, und reiben sie sich nicht (welches das wenigste ist, was geschehen kan), so muß die Mischung nach dieser Erklärungsart weder wärmer, noch kälter werden, als vorher die gemischten Körper waren. Woher also die Erkältung? Man wird weit natürlicher vermuthen, daß hier ein Stof wirke, den manche Auflösungen wirksamer, andere unwirksamer machen.

Das allergemeinste Mittel der Erwärmung ist die Berührung schon erwärmter Körper, oder die **Mittheilung der Wärme.** Wärme, die sich dem Gefühl zu erkennen

Digitized by Google

giebt, zeigt nach allen Erfahrungen ein Bestreben, sich durch alle berührende Körper so lange zu vertheilen, bis ein gewisses Gleichgewicht erreicht ist, bey welchem jeder Körper sein ihm zukommendes Maaß hat, und keiner dem andern mehr giebt oder nimmt. Da man den Grad der fühlbaren Wärme in jedem Körper seine **Temperatur** nennt, so drückt man dies auf folgende Art aus. Es geht, sagt man, aus wärmern Körpern fühlbare Wärme so lang in berührende kältere über, bis alle zu gleicher Temperatur gebracht sind.

Das Anzünden an Flammen- und Kohlenfeuer ist nichts anders, als eine solche Mittheilung hoher Grade der Hitze an Körper, deren Theile dadurch entzündet zu werden fähig sind.

Auch ist die Empfindung, die wir **Wärme** nennen, eigentlich nur das Gefühl dieser Mittheilung. Wir sagen, ein Körper sey **warm**, wenn er uns Wärme mittheilt; **kalt**, wenn er uns Wärme entzieht: wärmer und kälter, wenn er uns deren in gleicher Zeit mehr mittheilt, oder entnimmt. Ein Körper, mit dem wir eine geraume Zeit in Berührung bleiben, kömmt allmählich der Temperatur unsers eignen Körpers immer näher, und hat er endlich diese so angenommen, daß er uns nichts mehr giebt und nimmt, so ist er für unser Gefühl weder warm noch kalt.

Körper, deren Temperatur zwar gleich, aber mit der unsers Körpers nicht einerley ist, scheinen unserm Gefühl nicht immer gleich warm oder gleich kalt. Denn wir fühlen nicht ihre Temperatur selbst, sondern nur, in welchem Maaße und wie schnell sie uns Wärme geben oder nehmen. Dies hängt aber ausser ihrer Temperatur auch von der Menge der Berührungspunkte, mithin von ihrer Dichte, Glätte, wärmeleitenden Kraft und andern Eigenschaften und Umständen ab. So fühlt sich Metall immer heisser oder kälter an, als Wasser von gleicher Temperatur u. s. w. Daher kan unser Gefühl keinen richtigen Maaßstab für die Temperaturen abgeben, obgleich dieselben nichts anders, als Grade **fühlbarer Wärme** sind. Nemlich, gleichviel

fühlbare Wärme macht anderer Umstände wegen nicht immer die Empfindung von gleich stark gefühlter Wärme.

Wirkungen der Wärme.

Nächst dem in uns erregten Gefühl ist die allgemeinste Wirkung der Wärme diese, daß sie alle bekannte Körper ausdehnt. Unzählbare Erfahrungen lehren, daß Körper, wenn sie warm sind, mehr Raum, als sonst, einnehmen. Eine zum Theil mit Luft gefüllte schlaffe Blase schwellt über dem Feuer auf. Hohle Glaskügelchen, die in kaltem Brantwein schwimmen, sinken unter, wenn der Brantwein erwärmt wird, weil er sich durch die Wärme ausdehnt, mithin ein geringeres specifisches Gewicht bekömmt, als er vorher hatte, und als die Glaskügelchen haben. Eben so sinken Wachskugeln in warmem Wasser zu Boden, die in kaltem schwimmen; heisse Metallkugeln fallen nicht mehr durch ein Loch, wodurch sie kalt fallen konnten, und ein Drath wird zwischen glühenden Kohlen länger, beym Erkalten aber wieder kürzer. Werkzeuge, die Ausdehnung fester Körper bey bekannten Temperaturen zu messen, sind bey dem Worte Pyrometer beschrieben worden.

Flüßige Körper dehnen sich durch gleiche Wärme überhaupt stärker und schneller aus, als feste; die Luftarten am stärksten unter allen bekannten Materien, nächstdem ätherische Oele und Weingeist, etwas weniger Wasser und fette Oele, noch weniger Queckſilber. Was die Versuche über die Ausdehnungsverhältniße des Glases und der Metalle lehren, ist beym Worte Pyrometer angegeben. Die Ausdehnungen verschiedener Materien durch die Wärme richten sich nicht eben nach der Dichtigkeit der Materien, und überhaupt nach keinem bekannten allgemeinen Gesetze.

Die Stärke dieser Ausdehnung giebt ein schickliches Mittel, die Temperaturen der Körper zu bestimmen, s. Thermometer. Bringt man nemlich ein mit Queckſilber, Weingeist ꝛc. gefülltes Thermometer mit einem Körper in Berührung, so vertheilt sich die fühlbare Wärme unter beyde bis zum Gleichgewicht, und bey fortdaurender Berührung

kömmt das Thermometer zu gleicher Temperatur mit dem Körper selbst. Es giebt alsdann durch den Grad der Ausdehnung des Queckſilbers oder Weingeiſts, den es auf ſeiner Scale anzeigt, ein beſtimmtes Merkmal, wodurch man dieſen Grad der Temperatur bezeichnen, und allemal, ſo oft er vorhanden iſt, als eben denſelben wiedererkennen kan. Freylich erfährt man dadurch nicht die Menge der fühlbaren Wärme eines Körpers, ſondern nur die beſtimmte Größe ſeiner Wärmeäuſſerung auf jeden andern, z. B. auf das Thermometer, die Größe ſeiner Expanſionskraft, oder nach Lamberts Ausdrucke (Pyrometrie, S. 54.) die Kraft der Wärme, nach Baader die wärmeäuſſernde Kraft. Inzwiſchen giebt doch das Thermometer ein Mittel, ſich zu verſichern, ein Grad der Wärme, dem das Werkzeug jetzt ausgeſetzt iſt, ſey eben derjenige, dem es ein andermal ausgeſetzt war, oder er ſey größer, kleiner u. ſ. w.

Verſteht man unter Graden der Wärme, Grade dieſer wärmeäuſſernden Kraft, ſo giebt Amontons Luftthermometer ein wahres Maaß derſelben, indem ſich die Kraft der Wärme bey gleicher Dichte der Luft, wie das aufliegende Gewicht, verhält; mithin bey gleichem Drucke die wirkliche Ausdehnung der Luft dieſer Kraft proportional iſt. Ob aber dieſe Kräfte, oder auch die wirklichen Mengen der mitgetheilten Wärme den Ausdehnungen des Queckſilbers, Weingeiſts ꝛc. im Thermometer proportional ſind, das muß erſt durch ſolche Verſuche ausgemacht werden, wie de Lüc über den Gang des Queckſilbers in Vergleichung mit dem Gange der Wärme angeſtellt hat. Dieſe Verſuche ſind in dem Artikel Thermometer (oben S. 329 u. f.) erzählt worden, und ſcheinen zu beweiſen, daß die Gänge des Queckſilbers und der Wärme ſelbſt einander ziemlich nahe kommen, d. i. daß doppelt ſo viel Zuſatz von Wärme das Queckſilber faſt um doppelt ſo viel ausdehnt, als ein einfacher Zuſatz u. ſ. w. Sehr einleuchtend hat dies Wilke (Schwed. Abhandl. XXXIV. Band. 1776. S. 103.) dadurch bewieſen, weil eine einfache Maſſe Waſſer, die am ſchwediſchen Queckſilberthermometer 72 Grad zeigt, gerade eben ſo viel Eis ſchmelzt, als eine doppelte Maſſe, welche 35 Grad,

Digitized by Google

und eine dreyfache, welche 24 Grad zeigt. Weil dieſe Maſſen gleich viel Eis ſchmelzen, ſo enthalten ſie gleiche Mengen fühlbarer Wärme, welche durch ihre Maſſen gleichförmig vertheilt, für jedes Theilchen eine Wärmemenge oder wärmeäuſſernde Kraft geben, die den Graden d. i. den Ausdehnungen des Queckſilbers vom Eispunkte an, proportional iſt.

Dieſe Ausdehnung der Körper hält nur ſo lang an, als die Wärme wirklich vorhanden iſt, und ihre expandirende Kraft äuſſern kan. Wird die Wärme durch Mittheilung oder ſonſt entzogen und unwirkſam gemacht, ſo kömmt der Körper in den vorigen geringern Raum zurück. Daher werden durch Entziehung fühlbarer Wärme alle bekannte Körper zuſammengezogen und verdichtet.

Wenn die Erwärmung und Ausdehnung der Körper bis auf gewiſſe Grade ſteigt, ſo zeigen ſich noch mehrere Wirkungen der Wärme. Dahin gehört vornehmlich die Verſetzung feſter Körper in den Zuſtand der Flüßigkeit, ſ. Schmelzung. Durch Entziehung der Wärme kehren die geſchmolzenen Materien zur vorigen Feſtigkeit zurück, ſ. Geſtehen. Genugſame Wärme bringt allemal feſte Körper (bey denen dieſes nicht durch andere Wirkungen der Wärme verhindert wird) zum Schmelzen; genugſame Erkältung bringt alle flüßige Körper zum Geſtehen oder Gefrieren, ſ. Gefrierung. Da alſo der feſte oder flüßige Zuſtand keinem Körper weſentlich eigen iſt, ſondern blos von dem Grade ſeiner Wärme abhängt, ſo wird die Wärme mit Recht als die einzige Urſache der Flüßigkeit betrachtet, ſ. Flüßig.

Sehr viele Körper, ſowohl flüßige als feſte, verwandlen ſich bey einem hinreichenden Grade der Wärme, der nach ihrer beſondern Beſchaffenheit verſchieden iſt, in elaſtiſchen Dampf, ſ. Dämpfe. Dieſer Vorgang heißt die Verdampfung oder Verflüchtigung der Körper *(Vaporiſation)*. Bey flüßigen Materien brechen die entſtandnen Dämpfe, wegen ihrer Elaſticität und ſpecifiſchen Leichtigkeit, durch die Oberfläche hervor, und verurſachen dadurch ein ſtarkes Aufwallen, ſ. Sieden. Der Dampf

selbst zeigt noch einen hohen Grad von fühlbarer Wärme, verwandlet sich aber, wenn ihm diese Wärme entzogen wird, wieder in die vorige tropfbar flüßige oder feste Materie, s. **Verdichtung**. Dies zeigt offenbar, daß auch die Verdampfung blos in einer Verbindung genugsamer Wärme mit den Stoffen der Körper bestehe, und daß man die Dampfgestalt, eben so wie die Flüßigkeit, nur für einen durch Wärme bewirkten Zustand der Materie zu halten habe.

Manche Stoffe werden bey genugsamer Wärme, bisweilen nur bey gänzlicher Ausschließung der atmosphärischen Luft, in **permanent-elastische Materien, Gasarten, Luftgattungen** verwandlet. Diese sind gänzlich unsichtbar, werden auch durch die bloße Kälte nicht wieder in den Zustand tropfbarflüßiger oder fester Körper zurück gebracht, und unterscheiden sich eben dadurch von den eigentlichen Dämpfen, s. **Gas**. Man hat hinlänglichen Grund zu vermuthen, daß diese bleibend-elastische Form oder Luftgestalt der Materien blos die Wirkung einer innigern Verbindung mit der Wärme sey, s. **Luft** (Th. III. S. 29). Sowohl die Dämpfe, als die Gasarten sind sehr verschiedener Grade der fühlbaren Wärme fähig, und werden, wie alle übrigen Körper, von stärkerer Wärme mehr ausgedehnt, oder, was bey elastischen Materien eben so viel ist, es wird durch die Wärme ihre specifische Federkraft verstärkt, s. **Elasticität, specifische**.

Wenn die Wärme eines Körpers den nöthigen Grad erreicht hat, so zeigt sie sich mit Licht begleitet. Diesen Zustand des Körpers nennt man sein **Glühen**, und den dazu nöthigen Grad der Wärme die **Glühhitze**, s. **Glühen**. Gewisse Körper, die man verbrennliche nennt, werden durch die Glühhitze beym Zutritte der Luft so zersetzt, daß sich ihre der Verflüchtigung fähigen Theile in Dämpfe verwandlen, und nur die unverbrennlichen zurück bleiben. Hiebey steigen sichtbare Ausflüße auf, die theils leuchtend, theils dunkel sind, s. **Flamme, Rauch**, und es entsteht eine so ansehnliche Vermehrung der Menge von fühlbarer Wärme, daß dadurch alle berührende Körper erhitzt, und die ver-

Digitized by Google

brennlichen in einen gleichen Zustand versetzt werden, den man das Brennen oder die Verbrennung nennt. Diese mit Licht begleitete Hitze brennender Körper führt ganz eigentlich den Namen des Feuers. Nach einigen Versuchen scheint es, als ob man die Glühhitze verbrennlicher Körper, oder den zur Entzündung nöthigen Grad der Wärme auf den 650sten Grad des fahrenheitischen Thermometers setzen könne, s. Glühen (Th. II. S. 511). Wenigstens gilt dies in den gewöhnlichen Fällen, ob man gleich auch andere mit Licht begleitete Zersetzungen als schwache Verbrennungen ansieht, bey denen sich ein so hoher Grad der Hitze nicht deutlich offenbaret (vielleicht, weil sich die Wärme der anliegenden Luft zu schnell mittheilt).

Daseyn und Eigenschaften des Wärmestofs.

Schon Aristoteles nahm für Wärme und Feuer ein eignes Element von überaus kleinen und beweglichen Theilen an, welches unter allen das unkörperlichste sey. Man legt ihm daher irrig die Behauptung der Scholastiker bey, welche die Wärme für eine bloße Qualität erklärten, wogegen den Stagiriten schon Casatus (Diss. physica de igne. Frf. & Lipf. 1688. p. 117.) vertheidiget hat. Nach Epikur und im Corpuscularsystem bestand die Wärme in feurigen Ausflüssen. Die Neuern haben die Wirkungen der Wärme theils durch Emanation theils durch Vibration erklärt, und im letztern Falle die Vibrationen entweder den Theilen der Körper selbst beygelegt, oder dazu ein besonderes elastisches Mittel angenommen, wie z. B. den cartesianischen Aether, oder die subtile Materie.

Schon beym Worte Feuer (Th. II. S. 208. 209.) sind die Gründe angegeben, welche es unmöglich machen, die Erscheinungen der Wärme durch bloße Schwingungen zu erklären. Man verfiel auf diese Erklärung nur, weil man von der Wärmeerzeugung durch Reiben ausgieng. Hätte man ehedem die Phänomene der chymischen Vermischungen besser gekannt und zum Grunde gelegt, so würden die Erkältungen, wobey sich doch die Stoffe auch reiben, gleich

Digitized by Google

anfangs auf andere Wege geführt haben. So hat man auch nie darthun können, daß bey allen Arten der Reibung Wärme entstehe, oder, daß die Wärme im Verhältniße mit der Stärke der Reibung sey, u. s. w. Nollets Einwurf (Leçon XIII. Sect. 1.), daß jede Bewegung abnimmt, wenn sie sich durch größere Massen verbreitet, dahingegen bey der Entzündung eines Holzstoßes durch einen Funken, dem Vibrationssystem zufolge, die Bewegung wachsen müste, ist völlig entscheidend. Auch weiß man jetzt, daß sich die Wärme gar nicht nach den Gesetzen schwingender Bewegungen mittheilt, und daß überhaupt aus bloßen Schwingungen keine befriedigende Erklärung der Erscheinungen hergeleitet werden kan.

Also ist es ohne Zweifel nothwendig, einen eignen Stof der Wärme anzunehmen. Boerhaave legte demselben den Namen des Elementarfeuers bey, s. Feuer (Th. II. S. 211). Er erklärte aber die Verbindung dieses Feuers mit den übrigen Stoffen, so wie die Befreyung und Erregung desselben, blos mechanisch durch Stoß und Bewegung, ließ die Anhäufung davon, oder die Wärme, durch Verdichtung des Sonnenfeuers, oder durch Reiben und heftige Erschütterung der Körpertheilchen erfolgen, und glaubte, daß dieses Feuer im Stande des Gleichgewichts gleichförmig im Verhältniße der Räume verbreitet sey. Seine Lehre vom Feuer enthält in der Hauptsache alles, was man noch lange nach ihm über diesen merkwürdigen Stof vorgetragen hat, bis endlich neuere Entdeckungen die Begriffe hievon veränderten, und auf die Vermuthung einer chymischen Verbindung des Wärmestofs mit den Körpern leiteten. Inzwischen hat schon Homberg an einigen Stellen seiner Schriften das Feuer aus diesem Gesichtspunkte betrachtet.

Nachdem aber Wilke (Von des Schnees Kälte beym Schmelzen, in den Schwed. Abhdl. aufs J. 1772. 34ster Band, S. 93 u. f.) durch eine Reihe schöner Versuche gefunden hatte, daß beym Schmelzen des Schnees eine gewisse beständige Menge fühlbarer Wärme verlohren gehe,

Digitized by Google

welche zu dem 72ſten Grade der ſchwediſchen Thermometerſcale gehört, und D. Black in Edinburgh (in *Rozier* Journal de phyſique, ann. 1773. p. 165. im Auszuge in Crells neuſten Entdeck. Th. IX. S. 218.) ebenfalls durch Verſuche bewieß, daß ſich beym Gefrieren des Waſſers dieſe verlohrne Wärme wieder einfinde, und daß eben dieſes die Urſache ſey, warum ein in gefrierendem Waſſer ſtehendes Thermometer nicht unter den Gefrierpunkt hinabſinkt (weil die weitere Erkältung durch die aus dem frierenden Waſſer ſich entbindende Wärme verhindert wird), ſo entſtanden durch dieſe wichtigen Entdeckungen die Begriffe von freyer und gebundner Wärme. Ihnen zufolge ſieht man jetzt den Wärmeſtof als etwas an, das ſich mit den Körpern nach ſeiner verſchiedenen Verwandſchaft chymiſch verbinden, und dadurch die Wirkſamkeit, die es im freyen Zuſtande zeigt, verlieren kan, d. h. man betrachtet ihn als ein Auflöſungsmittel der Körper.

Dies hat ſich nun durch alle bisherige Unterſuchungen ſo wohl beſtätiget, daß wenige Phyſiker mehr das Daſeyn eines eignen Wärmeſtofs bezweifeln werden. Man kan auch eben nicht ſagen, daß dieſer Stof ganz hypothetiſch ſey, da er ſich dem Sinne des Gefühls auf eine ſo deutliche Art zu erkennen giebt, die ſich ſchwerlich für Wirkung irgend einer andern Materie erklären läßt. Dennoch läſt er ſich nicht dem Auge darſtellen, in Gefäße einſchließen, und unmittelbaren Verſuchen unterwerfen. Wir müſſen daher ſeine Eigenſchaften blos durch Schlüſſe aus den Wirkungen ſeiner Verbindung mit andern Körpern, und ſeiner Trennung von ſelbigen erkennen.

Die freye Wärme, welche auf Gefühl und Thermometer wirkt, und daher auch fühlbare, empfindbare (*chaleur ſenſible*), Thermometerwärme genannt wird, breitet ſich nach allen Seiten aus, durchdringt alle Körper und Gefäße, dehnt dieſelben aus, macht feſte Subſtanzen flüßig, verflüchtigt die Theile der Körper und verwandlet ſie in elaſtiſche Materien. Hieraus läſt ſich folgern, daß der Wärmeſtof in ſeinem freyen Zuſtande ein äuſſerſt feines elaſtiſches Fluidum ſey, und gegen alle Stoffe eine ſtar-

ke Verwandschaft habe oder ein Bestreben äussere, sich mit ihnen zu vereinigen.

Dieser Wärmestof ist auf unserer Erde überall verbreitet. Da er alle Stoffe durchdringt, so ist ein wärmeleerer Raum eben so wenig physisch gedenkbar, als ein luftleerer Raum gedenkbar wäre, wenn es keine für die Luft impermeable Gefäße gäbe. Es ist also unmöglich, eine absolute Kälte hervorzubringen, und jeder Körper behält bey allen möglichen Verminderungen seiner Wärme immer noch einen ihm eignen Wärmegehalt. Es kan hier nur vom Mehrern und Mindern die Rede seyn, von Zuständen, die unaufhörlich wechseln, da bey der großen Beweglichkeit des Wärmestofs, seinem steten Streben nach Mittheilung und der immer veränderten Einwirkung der Sonnenstralen, die Temperatur der Körper alle Augenblicke geändert wird.

Dennoch ist der Wärmestof eine irdische Materie. Man hat keine Ursache, seinen Ursprung aus der Sonne herzuleiten, da die Sonnenstralen ihn nicht herbeyführen, sondern nur erregen, wenn er schon vorher in den Körpern befindlich ist. Mithin werden ihm wohl auch die Eigenschaften aller irdischen Stoffe, unter andern Schwere und Anziehung, zukommen.

Seine Schwere hat doch schon Boerhaave (Elem. Chym. I. 175 & 306.) bezweifelt, weil im ganzen Weltraume das Feuer gleichförmig verbreitet sey, da es sich durch die Wirkung der Schwere um die Weltkörper herum würde verdichten müssen. Daher sey glaublich, daß es blos Elasticität besitze, und nach keiner bestimmten Gegend besonders getrieben werde (Ignem forte non esse gravem, sed *indeterminatum ad ulla loca.* Hinc ergo ex se non habere vim, nisi aequabiliter se expandendi quaquaversum, *sine particulari in ullam plagam determinatione*). Dies gründet sich aber blos auf Boerhaave's willkührlich angenommenen Begrif eines mechanisch wirkenden Elementarfeuers ohne Anziehung und Verwandschaften. Dagegen haben andere bey Abwägung glühender oder stark erhitzter Körper eine wirkliche Vermehrung des Gewichts durchs

Feuer bemerken wollen, ſ. Feuer (Th. II. S. 217). Man kan zu ihnen noch Buffon zählen, welcher in großen Maſſen Eiſen, die zum Weißglühen gebracht und geſchmiedet wurden, eine Gewichtszunahme zu finden glaubte. Andere Verſuche aber ſcheinen eher das Gegentheil anzugeben. So fand ſchon Candidus Buono zu Florenz die Schale einer empfindlichen Wage leichter, wenn man ihr ein glühendes Eiſen näherte, das Eiſen mochte über oder unter die Wagſchale gehalten werden. Das erklärt aber Kraft (Praelect. in Phyſ. P. I. §. 163.) ſehr gut aus der Expanſion der Wagſchale durch die Hitze, wobey ſie mehr Luft, als vorher, aus der Stelle treibt, alſo mehr am Gewichte verliert. Muſſchenbroek (Introd. To. II. §. 1581.) fand auch glühendes oder geſchmolzenes Zinn und Bley, in der Luft gewogen, leichter, als kaltes, und ſchließt daraus, man könne aus ſolchen Abwägungen gar nichts folgern. Es kömmt darauf an, ob die Ausdehnung durch die Hitze den Gewichtsverluſt in der Luft mehr vergrößert, als ihn die Erhitzung und Ausdehnung der Luft ſelbſt vermindert. Nach Verſchiedenheit der Umſtände kan bald dieſes, bald jenes mehr betragen. So bemerkt Boerhaave (Elem. Chem. I. 244.), von zween gleichwiegenden Metallſtäben werde der eine leichter, wenn man eine glühende Kohle über ihn, ſchwerer, wenn man ſie unter ihn halte. Im erſten Falle nemlich wird die obere Luft verdünnt, und die untere hebt nun den Stab ſtärker, im andern Falle geſchieht das Gegentheil. Die neuſten Verſuche dieſer Art ſind die von Jordyce (Philoſ. Trans. Vol. LXXV. 1785. P. II. no. 21. und im Gothaiſchen Magazin für das Neuſte ꝛc. IV. B. 4 St. S. 49 u. f.). Dieſer engliſche Gelehrte fand nicht nur Gold bey ſtarker Erhitzung leichter, als ſonſt, ſondern er bemerkte auch an 1700 Gran Waſſer, die er in einem hermetiſch verſchloßenen Gefäße, bey einer Temperatur von 32 Grad nach Fahrenheit, zu Eis frieren ließ, bey der Gefrierung eine Gewichtszunahme von $\frac{1}{160}$ Gran. Eben dieſen Verſuch haben de Morveau, Gouvenain und Chauſſier zu Dijon (Journal de phyſ. Octobr. 1785.) mit gleichem Erfolge wiederholt, auch zwey Pfund Vi-

Digitized by Google

triolöl gefroren um drey Gran schwerer, als im flüßigen Zustande, gefunden.

Auf diese Versuche gründet Herr D. Gren (Grundriß der Naturlehre, §. 427. System. Handbuch der gesammten Chemie, Th. I. §. 295.) die Behauptung, daß der Wärmestof nicht nur ganz ohne Schwere, sondern sogar absolut leicht, oder vielmehr negativ schwer sey, d. i. von der Erde abwärts strebe, und das Gewicht der Körper durch seinen Beytritt vermindere. Ich habe an mehrern Stellen dieses Wörterbuchs (s. Masse Th. III. S. 145. 146. Phlogiston, Th. III. S. 473. Verbrennung) erklärt, wie unwahrscheinlich ich das Daseyn negativ schwerer Materien finde. Sehr ausführlich und gründlich ist dasselbe von Herrn Professor Hindenburg (Progr. quo ostenditur, calorem et phlogiston non esse materias absolute leves. Lipsi. 1790. 4.) bestritten worden, welcher deutlich zeigt, daß so schwankende Versuche gar nichts dafür beweisen können; daß das Aufwärtssteigen der Wärme im luftleeren Raume sich eben so aus der Schwere und Elasticität des Wärmestofs erklären lasse, wie das Aufwärtsdrücken der Luft aus ihrer Schwere und Federkraft erklärt wird; daß es nicht genug sey zu sagen, ein Stof strebe von der Erde abwärts, wenn man nicht angeben könne, wohin er strebe; und daß, wie schon Musschenbroek erinnert, ein absolut leichtes Feuer sich endlich ganz vom Erdballe verlieren müste. Ueberhaupt dürfen wir, da alle bekannte Stoffe schwer sind, nach der Analogie und den Regeln der physikalischen Erklärungskunst keinen eher für absolut leicht annehmen, als bis uns offenbare und ganz entscheidende Erfahrungen hiezu nöthigen. Bis jetzt scheinen dergleichen noch nicht vorhanden zu seyn. Herr Pictet (Essais de physique. à Geneve. 1790. To. I. ch. 2. übers. Pictets Versuch über das Feuer, a. d. franz. Tübingen, 1790. 8.) bringt zwar über das Aufwärtssteigen der Wärme noch einen merkwürdigen Versuch bey. Er erhitzte im luftleeren Raume die Mitte eines Messingstabs durch ein Brennglas, und fand, daß allemal das obere Ende schneller und stärker erwärmt ward, als das untere, welches Ende auch nach oben ge-

Digitized by Google

kehrt seyn mochte. Er scheint daher auch geneigt, der Wärme eine *tendance anti-grave* beyzulegen. Aber da der Raum doch nicht absolut leer seyn konnte, so muste alles so erfolgen, wenn die darinn befindliche Materie noch specifisch schwerer, als der Wärmestof, war. Auch mochte vielleicht das unterste Ende des Stabs dem wärmeentziehenden Körper der Luftpumpe näher seyn, als das obere, und daher seiner Wärme schneller und stärker beraubt werden. Am Ende läst sich das Aufwärtsstreben sogar aus der Schwere und Elasticität des Wärmestofs selbst erklären. Daß aber das Gewicht dieses Stofs äusserst gering und kaum bey irgend einem Versuche merklich sey, wird niemand in Zweifel ziehen.

Die **Verwandschaft** oder besondere Anziehung des Wärmestofs gegen andere Körper ist unläugbar. **Boerhaave** ließ zwar sein Elementarfeuer in die Zwischenräume der Körper ungehindert und ohne gegenseitige Wirkung einströmen; aber wie wäre hiebey die Ausdehnung, Schmelzung, Verflüchtigung der Körper möglich, welche Wirkungen allemal der besondern Natur jedes Stoffes angemessen sind, und offenbar von leichterer oder schwererer, lockerer oder genauerer, Verbindung mit dem Wärmestof zeugen? Man findet in diesem Stoffe ein allgemeines Auflösungsmittel, das, wie alle Menstrua, durch die wirkliche Verbindung einen Theil seiner Auflösungskraft verliert, bey völliger Sättigung diese Kraft gar nicht mehr zeigt, nach der Entbindung aber dieselbe aufs neue äussert; eben so, wie Säuren durch Verbindung mit Laugensalzen ihre Aetzkraft verlieren, und nach der Trennung von selbigen wieder zeigen. In diesem gebundnen Zustande befindet sich allemal derjenige Wärmestof, welcher Materien flüßig, dampfförmig oder luftförmig macht. Reissende Bewegung allein, nach dem mechanischen System, kan hier nichts erklären: um die Phänomene gehörig zu ordnen, und auf bestimmte Gesetze zu bringen, muß man die Sprache der Chymiker reden, und dem Wärmestoffe Wahlverwandschaften beylegen. Es soll zwar auch hierdurch nichts erklärt werden, s. **Verwandschaft**; aber die Vorstellungsarten und Aus-

Digitized by Google

drücke werden doch weit einfacher, andern Erklärungen analoger, und der Sache angemessener, als diejenigen, die man etwa aus dem Vibrationssystem, oder sonst blos aus Stoß und Bewegung des Wärmestofs, hernehmen könnte. Die Wirkungen der Wärme werden nun eben das, was die Wirkungen aller andern Auflösungsmittel sind.

Freye Wärme. Mittheilung und Umherstralung derselben.

Freye, fühlbare, empfindbare Wärme ist diejenige, welche auf Gefühl und Thermometer wirkt. Die Menge des vorhandenen freyen Wärmestofs vertheilt sich unter die Körper nach eben den Gesetzen, nach welchen ein jedes gemeinschaftliche Auflösungsmittel auf mehrere in selbiges eingetauchte Stoffe wirkt, mit denen es in verschiedenen Graden verwandt ist. In solchen Fällen empfängt und nimmt jeder Stof soviel, als dem Grade seiner Affinität und der vorhandenen Menge des Auflösungsmittels gemäß ist, und erst dann kan Ruhe und Gleichgewicht statt finden, wenn die respective Sättigung erreicht ist, d. h. wenn jeder von der vorhandnen Menge gerade den Theil hat, der mit seiner besondern Verwandschaft gegen das gemeinschaftliche Auflösungsmittel im Verhältniße steht. Bringt man alsdann einen neuen Körper hinzu, der seiner Affinität nach einen verhältnißmäßig geringern oder größern Antheil vom Auflösungsmittel bey sich hat, so wird derselbe von den übrigen soviel annehmen, oder an sie abgeben, bis auch er gerade den Antheil hat, der ihm seiner Affinität gemäß an der jetzt vorhandenen Menge zukömmt. Eben so ist es mit der freyen Wärme. Sie vertheilt sich auf eben die Art unter jedes System von Körpern. Bringt man nun ein Thermometer hinzu, so nimmt auch dieses seinen zum Gleichgewicht erforderlichen Antheil an. Dieser ist natürlich immer eben derselbe, das Thermometer mag diesen oder jenen Körper des ganzen Systems berühren. Es wird also bey allen einerley Grad oder Temperatur zeigen, wenn nur alle im Gleichgewichte sind.

Digitized by Google

Daher kan man dieſes Geſetz der Mittheilung ſo ausdrücken: Alle Körper eines Syſtems gelangen über lang oder kurz zu gleicher Temperatur, bey der ſie alle das Thermometer auf einerley Grad bringen, oder jeder Körper nimmt endlich die Temperatur ſeines Mediums an, z. B. der Luft, in der er liegt.

Man ſieht gleich, daß man hieraus noch nicht ſchließen dürfe, jeder Körper erhalte in gleichem Volumen (wie Boerhaave glaubte) oder bey gleicher Maſſe gleich viel abſolute Menge freyer Wärme. Dieſe abſolute Quantität deſſen, was er bis zur reſpectiven Sättigung in ſich nimmt, richtet ſich nicht nach dem Raume, auch nicht nach der Maſſe allein, ſondern nach ſeiner beſondern Anziehung oder Empfänglichkeit für freyen Wärmeſtof. Dieſe Empfänglichkeit bey gleicher Maſſe, oder nach andern, bey gleichem Volumen, iſt nun das, was die Phyſiker mit den Namen ſpecifiſche Wärme, comparative Wärme, Capacität der Stoffe für die Wärme, bezeichnen, und wovon ich unter dem beſondern Artikel: Wärme, ſpecifiſche, handlen will.

Bey einem und eben demſelben Stoffe kan man wohl nichts anders annehmen, als daß gleiche Theile deſſelben ſowohl dem Raume, als der Maſſe nach (welches hier beydes übereinſtimmt), gleich viel abſolute Wärmemenge erhalten oder in ſich zu nehmen ſtreben, ſo lang der Körper ſeinen feſten, flüßigen, dampfförmigen Zuſtand ꝛc. nicht ändert. Daher nimmt man in zwey Maaßen oder Pfunden Waſſer, Queckſilber ꝛc., wenn es durchaus gleiche Temperatur hat, doppelt ſo viel abſolute Wärme an, als in 1 Maaß oder 1 Pfund dergleichen.

In der hier erwähnten Mittheilung freyer Wärme beſteht die Erwärmung oder Erkältung durch berührende Körper. Sie geſchieht nicht plötzlich, ſondern durch allmähligen Uebergang, deſſen Stärke von der Capacität und wärmeleitenden Kraft der Körper abhängt. Bleiben dieſe beyden Umſtände ungeändert, ſo verhält ſich die Abnahme oder Erkältung des wärmern Körpers, wie ſeine Wärme, oder nach Richmann wie der Ueber-

schuß seiner Temperatur über die Temperatur des kältern. Das erste Gesetz, welches Newton (Philos. Trans. 1701. num. 270. und in Princip. L. III. Prop. 8. Coroll. 4. ed. PP. *Jacquier* & *le Sueur* not. o.) angenommen hat, stimmt ganz gut mit dem allgemeinen Gesetze chymischer Zersetzungen überein, nach welchem die letzten Antheile im Verhältniße ihrer geringern Menge immer schwerer zu trennen sind. Obgleich Martine (Diss. sur la chaleur. Par. 1751. p. 69. sqq.) Einwendungen gegen die physische Wahrheit dieses Gesetzes gemacht hat, so fand es doch Lambert mit den Erfahrungen sehr übereinstimmend, und hat darauf seine schöne Theorie der Erwärmung gegründet. Diesem Gesetze gemäß nimmt die Wärme in gleichen auf einander folgenden Zeiten in geometrischer Reihe ab, und die Wärmen verhalten sich umgekehrt, wie die Zahlen, wenn sich die Zeiten, wie die Logarithmen, verhalten u. s. w. Inzwischen ist dieses Gesetz nicht völlig erwiesen, und Erxlebens Erfahrungen scheinen ihm zu widersprechen, s. Erkaltung (Th. II. S. 85).

Was Boerhaave und Musschenbroek annehmen, daß die Erkältung durch verschiedene Körper sich, wie die Dichte, verhalte, ist offenbar falsch, wie Martine, Lambert und Buffon gezeigt haben. Es kömmt nicht auf Dichte allein, sondern überhaupt auf Capacität und Fähigkeit, die Wärme zu leiten, an. Ein glühendes Eisen und Wasser erkalten im luftleeren Raume schneller, als an der Luft, (wiewohl neuere Versuche eher das Gegentheil lehren). Beym Wasser könnte wohl die schnellere Verdünstung viel dazu beytragen; beym Eisen aber sähe man daraus deutlich, daß die Expansionskraft der Wärme im sehr verdünnten Mittel ungehinderter wirke, oder mit andern Worten, daß luftleerer Raum die Wärme besser leite, als es die Luft thut.

Die Hitze eines hellglühenden Kohlenfeuers läßt sich durch Hohlspiegel auffangen, und in einen wahren zündenden Brennraum sammlen. Versuche hierüber hat man schon von du Fay (Sur quelques experiences de Catoptrique in Mém. de l' acad. des sc. 1726). Cassini (Mém.

1747. p. 25.) schlägt vor, dem Brennspiegel einen ebnen oder kleinen Hohlspiegel gegenüber zu stellen, um in dem nunmehrigen Brennraume Metalle im Schmelztiegel fliessend zu erhalten. Die neusten Versuche dieser Art hat Pictet (Versuch über das Feuer, Cap. 3.) angestellt. Er stellte zween zinnerne Brennspiegel einander gegenüber, setzte den heissen Körper in den Brennpunkt des einen, und das Thermometer in den des andern, wo sich die von jenem parallel ausgegangenen Stralen wieder sammlen musten. Eine heisse eiserne Kugel, eine Lichtflamme und siedendes Wasser erhitzten das 11 Fuß, 5 Zoll weit entfernte Luftthermometer merklich. Ein Spiegelglas zwischen beyde Spiegel gehalten, warf mit der spiegelnden Seite fast alle Wärme zurück, mit der belegten ließ es einige durch, und viel, wenn diese Seite geschwärzt war (auch etwas, wenn die Spiegelseite gegen den heissen Körper gekehrt war). Mit einer gläsernen Brennlinse hingegen kan durch Kohlenfeuer zwar Licht, aber keine Wärme im Brennraume hervorgebracht werden. Die Hitze scheint demnach den Gesetzen des Lichts zwar in Rücksicht auf Zurückstralung, nicht aber in Rücksicht auf Brechung zu folgen; es müste sich denn so etwas zeigen, wenn man die brechende Linse aus einer Materie machte, welche für die Wärme so permeabel wäre, wie es das Glas fürs Licht ist, nach Pictets Vorschlage etwa aus mattem Silber.

Man hatte dergleichen Versuche längst gekannt, ohne auf den merkwürdigen Unterschied zu sehen, der sich hier zwischen Wärme und Licht zeigt. Scheele (Von Luft und Feuer, S. 57.) bemerkte zuerst, daß sich die Wärme eigentlich auf zweyerley Art fortpflanzt, einmal durch eine allmählige langsame Mittheilung an das umgebende Medium, nach den gewöhnlichen Gesetzen; dann aber auch, wenn sie in Menge vorhanden ist, durch eine Losreißung vermöge ihrer Expansionskraft, welche sie in geraden Stralen fortführt, ohne daß sie sich mit der Luft verbinden und von ihr aufgenommen werden kan, bis sie endlich in einiger Entfernung dennoch in der Luft gleichsam zerfließet. Die letzte Art der Fortpflanzung unterschied Scheele sehr

richtig von der Mittheilung, gab ihr den Namen der **Umherſtralung** (Radiatio), und nannte die ſo bewegte Wärme **ſtralende Hitze** (calor radians, *chaleur radiante*).

Dieſes Stralen der Wärme ſcheint überall ſtatt zu haben, wo freyer Wärmeſtof in überflüßiger Menge vorhanden iſt, und von dem erhitzten Körper und dem umgebenden Mittel nicht völlig aufgenommen werden kan. Vielleicht iſt das, was man im kochenden Waſſer wie Fäden aufſteigen ſieht, und ſonſt für Feuer hielt (ſ. **Sieden**), nichts anders, als eine von dieſer ſtralenden Hitze verurſachte Bewegung. **Scheele** glaubte, dieſe Hitze beſtehe aus Feuerluft und Phlogiſton, und verwandle ſich durch Verbindung mit mehrerm Phlogiſton in Licht. In Herrn **de Lüc** Syſtem, ſ. **Feuer** (Th. II. S. 225.), wo das Licht für das Vehikel (*fluide deferent*) des Feuers angenommen wird, führt daſſelbe die Subſtanz des Feuers nach ſeinen Geſetzen, alſo in geraden und unter gleichen Winkeln reflectirten Stralen, mit ſich fort; wenn aber beyde einen durchſichtigen Körper antreffen, ſo geht das Licht hindurch, das Feuer hingegen bleibt entweder an der Fläche des Körpers, oder es wird mit einem Theile des Lichts reflectirt. Nach **Elliots** Meinung, die auch **Baader** annimmt, geht die Wärme durch den Zuſtand der ſtralenden Hitze in Licht über, ſo wie ſich Licht, wenn es von den Körpern angenommen und aufgelöſet wird, wieder in Wärmeſtof verwandlet. Aber wir ſind mit dem wahren Verhältniße zwiſchen Licht und Wärme noch viel zu unbekannt, als daß wir Fragen dieſer Art entſcheiden könnten.

Pictet ſagt ſehr gut, wo die (freye) Wärme nur Poren antreffe, ſey ſie ſtralend, wo ſie Materie finde, **mitgetheilt** oder fortgepflanzt (*propagée*). Uebrigens fand er die ſtralende Hitze ſo ſchnell, daß ihm ihre Fortpflanzung bis auf 69 Fuß weit nur augenblicklich (*inſtantanée*) dünkte. Sonderbar kam es ihm vor, daß ſeine Spiegel auch die **Kälte** reflectirten, die er im Brennpunkte durch Eis und Scheidewaſſer hervorbrachte. Das iſt aber, (wie er nach einigem Ueberdenken bald fand) nicht etwa eine eigne ſtralende Kälte, ſondern die Wärme des Thermometers,

Digitized by Google

die nach dem Eise hin reflectirt wird, und schneller dahin abgeht, weil sie auf diesem Wege ihr Grab eher findet.

Wärmeleitendes Vermögen der Körper.

Nicht alle Körper leiten die freye Wärme gleich leicht durch ihre Substanz. Man hatte sonst die Meinung, dichtere Körper leiteten sie stärker und besser, als lockere, weil sie an der nemlichen Berührungsfläche mehr Masse enthalten, und dem Wärmestof mehr Berührungspunkte zur Mittheilung darbieten. Daraus erklärte man, warum sich Metalle und Steine kälter anfühlen, als Holz oder Tuch von eben derselben Temperatur, weil sie nemlich unserm wärmern Körper in gleicher Zeit mehr Wärme rauben. Aber dieses Gesetz ist bey weitem nicht allgemein.

Franklin (in *Rozier* Journal de phys. Octobr. 1773. p. 276, im Auszuge in **Crells** chem. Annalen. 1784. 7 St. S. 61.) und **Achard** (Mém. de l' acad. de Berlin 1779. und im Gothaischen Magazin für das Neuste ꝛc. II. B. 2 St. S. 39 u. f.) haben bemerkt, daß die besten Leiter der Electricität zugleich auch die besten Leiter der Wärme sind. Metalle erhitzen und erkälten sich am schnellsten, die Holzarten langsamer, Glas und Harze am spätsten. **Buffon** fand, daß Flüßigkeiten überhaupt besser leiten, als feste Körper, wovon wohl der mehrere Gehalt gebundener Wärme in den erstern die Ursache seyn mag. Eis und Schnee leitet alle Wärme unter o; die über o freylich nicht, weil es sie bindet, und dadurch schmelzt. Wenn es aber geschmolzen, also flüßiges Wasser ist, so leitet es auch diese.

Aus dieser leitenden Fähigkeit erklären sich viele alltägliche Erscheinungen. Wenn man ein Stück Gold und ein Stück Holz von gleicher Gestalt und Größe zugleich in eine Lichtflamme hält, so ist man viel eher gezwungen, das Gold hinweg zu werfen, als das Holz, wenn gleich das letztere am andern Ende mit heller Flamme brennt. Darauf beruht auch die Tauglichkeit warmhaltender Stoffe, des Pelzwerks, der Wolle, der Federbetten, denen **Musschenbroek** vergebens eine Fähigkeit beyzulegen sucht, die Schwingungen der

Digitized by Google

Wärme länger zu unterhalten. Sie sind schlechte Leiter der Wärme des Körpers, die sich daher in ihnen anhäuft. Feuchte neblichte Luft leitet die Wärme besser, und macht uns daher die Kälte empfindlicher, als eine trokne, im Grunde weit kältere Luft u. s. w. So läst sich leicht begreifen, daß unser Gefühl ein schlechtes Maaß der fühlbaren Wärme der Luft und anderer Körper seyn würde, die uns weit kälter scheinen, wenn ihre Leitungskraft stärker ist, und sie uns unsere Wärme schneller rauben. Aufs Thermometer hingegen hat dies weiter keinen Einfluß, ausser daß dasselbe schneller oder langsamer zu dem gehörigen Grade gelangt.

Des Ritter Thompson Versuche über die wärmeleitende Kraft verschiedener Materien findet man bey Gren (Grundriß der Naturlehre §. 425). Nach ihnen ist diese Kraft

beym Queckſilber	1000
feuchter Luft . .	330
Waſſer	300
trokner Luft . . .	80
luftleerem Raume	55

Noch mehr Versuche hierüber mit der Beschreibung eines eignen Apparats findet man beym Pictet (Cap. 4. 5. 6.)

Bindung und Entbindung des Wärmestofs.

Körper von verschiedener Art enthalten, bey gleichen Massen und Temperaturen, ungleiche Mengen von Wärmestof, z. B. 1 Pfund Wasser ein und zwanzig mal mehr, als ein Pfund Queckſilber, s. Wärme, specifische. Eben die Menge Wärme also, die mit Queckſilber verbunden, stark auf Gefühl und Thermometer wirkt, wird, mit Wasser verbunden, 21mal schwächer auf beydes wirken; weil man mit dem Wasser 21 mal mehr verbinden muß, um erst eine gleiche Wirkung zu erhalten. Nennt man nun einen Stof in dem Zustande gebunden, in welchem sich seine Wirksamkeit gegen andere ganz oder zum Theil verbirgt und nicht durch die sonst gewöhnlichen Kenn-

Digitized by Google

zeichen ſichtbar wird (weil ſie nemlich ſchon auf die Materien, mit denen der Stof verbunden iſt, verwendet wird, alſo natürlich nicht ſo viel auf andere Körper wirken kan, als im freyen verbindungsloſen Zuſtande), ſo kan man in dieſer Bedeutung des Worts ſchon bey der gewöhnlichen Mittheilung der Wärme **Bindung** derſelben finden, und richtig ſagen, daß 1 Pfund Waſſer 21 mal mehr Wärme binde und unwirkſam mache, als 1 Pfund Queckſilber.

In dieſem Sinne findet eine ganz freye Wärme faſt gar nicht ſtatt; denn die Verwandſchaften des Wärmeſtofs gegen die Körper ſind ſo allgemein verbreitet, daß er überall ein Medium anrifft, auf das er durch Ausdehnung wirkt und mit dem er ſich verbindet. Was wir alſo freyen Zuſtand der Wärme nennen, iſt nur geringere Stufe ihrer Bindung, welche das Beſtreben nach Gleichgewicht nicht aufhebt, vielmehr durch die bloße Berührung eines kältern, zu wenig enthaltenden Körpers getrennt werden kan. Nur allein die ſtralende Hitze kömmt dem nahe, was in dieſer Bedeutung freye Wärme heiſſen könnte.

Stoffe von einerley Art halten bey gleichen Maſſen und Temperaturen gleiche Mengen von Wärmeſtof. Dies ſieht man als Grundſatz an, da nicht die mindeſte Urſache da iſt, das Gegentheil anzunehmen. Doch gilt dieſer Grundſatz nur, ſo lang ſich die Form der Aggregation dieſer Stoffe nicht ändert. Ebenderſelbe Stof nemlich kan nach den verſchiedenen Graden ſeiner Verbindung mit der Wärme in feſter, flüßiger, dampfförmiger oder luftförmiger Geſtalt erſcheinen, wie ſich z. B. das Waſſer als Eis, tropfbares Waſſer, Waſſerdampf und Luftgattung zeigen kan. Bey Stoffen, die ſolcher Uebergänge fähig ſind, gilt der angeführte Grundſatz nur, ſo lange ſie die vorige Form behalten; in jeder neuen Form halten ſie bey gleichen Maſſen und Temperaturen mehr oder weniger Wärme, als in der vorigen. In dem angenommenen Sinne kan man alſo ſagen, daß ſie beym Uebergange aus einer Form in die andere freye Wärme binden oder gebundene freylaſſen. Dieſe Ausdrücke ſind ſehr bequem, und ich will jetzt in denſelben die Geſetze dieſer Veränderungen anzeigen. Wem ſie nicht

Digitized by Google

gefallen, der kan für Bindung, Vermehrung, für Entbindung, Verminderung der Capacität, specifischen oder comparativen Wärme, setzen.

1. Wenn feste Körper in den Zustand der Flüssigkeit übergehen, so binden sie mehr Wärmestof: wenn flüßige fest werden, so entbindet sich aus ihnen fühlbare Wärme.

Herr de Lüc (Unterf. über die Atmosph. Th. I. §. 438 c — g. Neue Ideen über die Meteorologie §. 179.) ließ im Winter von 1754 — 1755 Wasser in Trinkgläsern, worein er Thermometer gestellt hatte, gefrieren und bis unter den Eispunkt erkalten. Als er dieses Eis ans Feuer brachte, stiegen die Thermometer bis an den Eispunkt, aber nicht höher, so lang noch eine Eisrinde um ihre Kugeln vorhanden war. Alle übrige fühlbare Wärme ward vom schmelzenden Eise verschluckt und gebunden, ohne auf die Thermometer wirken zu können. Fast zu gleicher Zeit machte D. Black in Edinburgh diese Entdeckung, die er schon 1757 in seinen Vorlesungen vortrug, ohne sie doch öffentlich bekannt zu machen. Er bestimmte durch eine schöne Experimentalunterfuchung, welche Crawford nachher in seinen Versuchen und Beobachtungen ꝛc. angeführt hat, daß eine Masse Eis von 32 Grad Temperatur nach Fahrenheit mit einer gleichen Masse Wasser von 172 Grad vermischt, ganz schmelze, und die Mischung doch nur die Temperatur von 32 Grad behalte, daß also 140 Grad Wärme blos aufs Schmelzen verwendet, und im flüßigen Wasser gebunden werden.

Diese Entdeckungen blieben lange Zeit unbemerkt, bis Herr Wilke im Jahre 1772, ohne von seinen Vorgängern etwas zu wissen, das nemliche fand (s. Schwed. Abhandl. 34 B. S. 93. ingl. Neue schwed. Abhandl. Jahr 1782. II. Th.), und es mit der richtigen Erklärung zuerst öffentlich bekannt machte. Er bestimmte die Wärme, welche beym Schmelzen des Schnees fürs Thermometer verlohren geht, auf 72 Grad der schwedischen Scale, (129$\frac{3}{4}$ oder fast 130 Grad nach Fahr.), also etwas geringer, als nach Blacks Versuchen. Diese 72 Grad, sagt er, gehen nur aufs

Schmelzen, darnach verhält sich (geschmolzenes) Eis und Schnee, wie eiskaltes Wasser, und verstattet der übrigen Wärme, sich gleichförmig durch die ganze Masse zu vertheilen.

Wenn man also in Richmanns beym Worte Feuer (Th. II. S. 219.) angeführter Formel unter a und b die Massen des Wassers und Schnees, unter m, n ihre Temperaturen versteht, und $n = o$ ist, so hat die Mischung nicht, wie die Formel erforderte, $\frac{ma}{a+b}$, sondern $\frac{ma-72b}{a+b}$ Temperatur an der schwedischen Scale. Wenn $ma = 72b$, so wird die Temperatur $= o$, oder die ganze Mischung bleibt eiskalt. Weil m an freyer Luft nicht größer, als die Siedhitze oder 100 Grad, werden kan, so kan in diesem Falle b nicht größer, als $\frac{100a}{72}$ oder $1\frac{7}{18}a$, werden, d. h. selbst siedendes Wasser kan nur etwa $1\frac{1}{3}$ so viel Schnee, als sein Gewicht beträgt, schmelzen. Wenn endlich $ma < 72b$, so gilt die Formel gar nicht mehr. Es wird nicht etwa, wie man vermuthen könnte, die Temperatur negativ, oder die Mischung zum Gefrieren gebracht, sondern es schmelzt nur ein Theil des Schnees, der am Gewichte $\frac{ma}{72}$ beträgt, das übrige bleibt ungeschmolzen, und alles setzt sich in die Temperatur $= o$. Dies zeigt ganz offenbar, daß gerade nur so viel Wärme verlohren geht, als auf die Schmelzung verwendet wird.

Eben das zeigte sich auch, wenn gleich Schnee und Wasser nicht unmittelbar vermischt, sondern nur blecherne Büchsen, eine mit eiskaltem Wasser, die andere mit Schnee, worinn Thermometer standen, in heisses oder kochendes Wasser eingesenkt wurden. Sobald das Thermometer in der Büchse mit Wasser 72 Grad erreicht hatte, ward die Schneebüchse herausgezogen; das Thermometer in ihr zeigte noch 2 Grad, fiel aber, als der Schnee vollends ganz zergangen war, völlig bis o, wo es stehen blieb.

Digitized by Google

Daß Wilke den Grad dieſer gebundenen Wärme etwas geringer, als Black anſetzt, wird nicht befremden, da die Erkältung durch die angewandten Gefäße bey allen Verſuchen verſchieden iſt, auch dem gebrauchten Schnee oder Eiſe allemal ſchon flüßiges Waſſer anhängt, welches zwar mit gewogen wird, aber zur Bindung der Wärme nichts beyträgt. Lavoiſier und de la Place finden auch weniger, als D. Black; Watt und de Lüc (Ideen über die Meteorol. §. 211.) im Durchſchnitte faſt eben ſo viel, als derſelbe.

Je ſchneller das Schmelzen geſchieht, deſto mehr fühlbare Wärme wird in gleicher Zeit verſchluckt oder gebunden. Daher kömmt die ſtarke und plötzliche Erkältung durch Schnee mit rauchendem Salpetergeiſt, wobey eine große Menge Schnee ſchnell geſchmolzen, und die dazu verwendete Wärme den berührenden Körpern entzogen wird. Eben dies iſt die Urſache, warum die kryſtalliniſchen Salze durch ihre Auflöſung im Waſſer oder mit Schnee und Eis Kälte erzeugen, weil dabey ſowohl das Salz ſelbſt, als auch deſſen Kryſtalliſationswaſſer in den flüßigen Zuſtand übergeht. Blagden (Philoſ. Trans. Vol. LXXVIII. P. II. und in Gren Journal der Phyſ. I. B. S. 395) zeigt, daß die gröſte mögliche Kälte, welche jedes Salz mit Schnee und Eis hervorbringen kan, diejenige ſey, bey welcher eine geſättigte Auflöſung eben dieſes Salzes im Waſſer gefrieret.

Wenn man ein feines Papier an die Seite eines glatten zinnernen Würfels ſo dicht anklebt, daß keine Luft dazwiſchen bleibt, ſo wird über der Lichtflamme das Papier nicht eher verbrennen, als bis das Zinn zum Schmelzen kömmt. Das Papier kan nemlich die zur Entzündung nöthige freye Wärme nicht erhalten, weil dieſelbe von dem berührenden Zinn verſchluckt wird, bis dieſes erſt in den flüßigen Zuſtand gebracht iſt. So hat Landriani (De calor latente in Opuſc. ſiſico-chem. p. 81.) die Kugel eines Thermometers mit Zinnfolie belegt, in Queckſilber getaucht, und durch die Auflöſung des Zinns im letztern das Thermometer zum Fallen gebracht.

Digitized by Google

Dieſer zum Flüßigwerden verwendete Wärmeſtof wird nun umgekehrt wieder frey, wenn flüßige Stoffe gefrieren oder erhärten. Dies iſt die Urſache, warum das gefrierende Waſſer immer die Temperatur Null (oder 32 fahrenh.) behält, wenn gleich die Luft weit kälter iſt. Es verliert zwar Wärme durch Mittheilung an die kältere Luft; aber in dem Maaße, in welchem es durch dieſen Verluſt gefrieret, entbindet ſich eben ſo viel Wärme aus dem feſtwerdenden Waſſer, wodurch jener Verluſt gerade erſetzt wird. Daher rührt alſo das Unveränderliche des Eispunkts. Man kan Waſſer, wenn es ruhig ſteht, bis unter den Eispunkt erkälten; wenn man es aber ſchüttelt, ſo gefriert es plötzlich, und treibt nun das Thermometer ſogleich auf den Eispunkt, ſ. Eis (Th. I. S. 677. 678). D. Black beſtätigte dieſe Entbindung der Wärme beym Gefrieren noch durch folgenden Verſuch. Ein Pfund Waſſer von 32 Grad und ein Pfund Schnee von 4 Grad Temperatur (nach Fahr.) ſollten der Regel nach eine Miſchung von 18 Grad geben, die alſo ganz gefroren wäre. Aber es gefriert nur $\frac{1}{7}$ des Waſſers, und die ganze Miſchung kömmt auf 32. Nemlich aus dem gefrierenden $\frac{1}{7}$ Pfund Waſſer werden 140 Grad Wärme frey, welche die Temperatur von 1 Pfund Schnee um $\frac{140}{5}$ = 28 Grad erhöhen, alſo von 4 auf 32 bringen.

Dieſem Satze gemäß entbindet ſich Wärme, wenn ſich Salze aus ihren Solutionen kryſtalliſiren. Eine geſättigte Auflöſung des Glauberſalzes erkaltet ruhig, ſchießt aber plötzlich an, wenn man das Gefäß ſchüttelt, und in dieſem Augenblicke ſteigt auch darinn das Thermometer. Dieſe Wärme macht, daß kryſtalliſationsfähige Salzſolutionen ſpäter erkalten. Zerfallne Salze, die ihres Kryſtallenwaſſers beraubt ſind, ziehen das Waſſer begierig an, machen es feſt, und entbinden dadurch die auf ſeine Flüßigkeit verwendete Wärme. Daher erhitzen ſich dergleichen Salze mit Waſſer, z. B. zerfallnes Glauberſalz, zerfallnes Mineralalkali, gebrannter Gyps, Alaun und Kalk. Auf gleiche Art ſind die Erhitzungen der Bitterſalzerde, des Kochſalzes, Salpeters, der Laugenſalze mit Vitriolöl, der ätzenden fixen Laugenſalze mit Waſſer, der Oele mit den Säuren u. ſ. w. zu erklären.

Geschieht der Uebergang in die feste Form, oder die Verdickung, sehr schnell und stark, so kan die entbundene Hitze bis zur Entzündung gehen, woraus die Selbstentzündungen dabey begreiflich werden.

Schlechte Leiter der Wärme, z. B. Harze, Fette, Talg, Wachs, gerinnen darum so langsam, weil ihre noch flüßigen Theile die aus den geronnenen entbundene Wärme lang an sich behalten.

Sogar bey Verdickungen flüßiger Stoffe entbindet sich Wärme, z. B. bey Vermischung von Weingeist und Wasser, Säuren und Wasser, Habergrütze und Wasser u. s. w.

2. **Wenn tropfbare Flüßigkeiten in Dämpfe übergehen, so binden sie mehr Wärme: wenn sich Dämpfe zu tropfbaren oder festen Körpern verdichten, so entbindet sich aus ihnen Wärme.**

Daß Ausdünstung Kälte erregt, ist eine längst bestätigte Thatsache, s. **Ausdünstung** (Th. I. S. 212). Daß die Dämpfe des siedenden Wassers an freyer Luft nie mehr, als 212 fahrenheitische Grade, Wärme zeigen, entdeckte **Black** durch Zufall, als er im papinischen Digestor eine Menge Wasser weit über den Kochpunkt erhitzt hatte. Durch Oefnung des Hahns verwandlete sich augenblicklich ein Theil davon in Dampf, und das Wasser sank sogleich auf 212 Grad herab. **Crawford** führt noch den Versuch an, daß, wenn 8 Pfund Eisenfeile von 300 Grad Temperatur mit 1 Pfund siedendem Wasser von 212 Grad vermengt werden, ein Theil des Wassers plötzlich in Dampf aufsteigt, und das Gemenge sowohl, als der Dampf, 212 Grad hat. Hiebey verliert das Eisen 88 Grad Wärme, die aber die Temperatur des Wassers nicht erhöhen, sondern ganz auf die Verdampfung verwendet werden. Hierinn liegt nun der Grund der Unveränderlichkeit des Siedpunkts bey gleichem Drucke, s. **Sieden**, der Kühle an feuchten stark dünstenden Orten, Abkühlung der Zimmer durch Wassersprengen, der Entstehung des Hagels, und vieler andern Erscheinungen. Herr **Gren** (Journ. d. Phys. II. B. S. 48 u. f.) fand, daß das Thermometer unter der Glocke der Luftpumpe fiel, wenn er die Luft auszog, wobey sich bekanntermaß-

Digitized by Google

sen aus dem nassen Leder und dem Körper der Pumpe ein merklicher elastischer Dampf erzeugt.

Watt hat durch einen eignen Apparat (s. de Lüc neue Ideen über die Meteorol. S. 249 u. f.) bestimmt, die Menge Wärmestof, welche bey 28 $\frac{1}{8}$ pariser Zoll Barometerhöhe im Dampfe des kochenden Wassers gebunden wird, sey auf 943 fahrenh. Grade zu schätzen. Um soviel nemlich würde sie die Temperatur einer gleichen Menge Wassers erhöhen, wenn dasselbe der Verdampfung nicht unterworfen wäre.

Wenn die Verdünstung, wie beym Aether, schnell und stark geschieht, so bindet sie auch viel Wärme, und veranlasset starke Erkältung. Die Kälte beym Verdünsten des Aethers kan Wasser zum Gefrieren bringen. Man könnte, sagt Franklin, einen ganz nackenden, mit dieser Flüßigkeit immer benetzten, und einem hinreichenden Luftzuge ausgesetzten Menschen mitten im Sommer und an der Sonne erfrieren machen.

Dieser in den Dämpfen gebundene Wärmestof wird wieder frey, wenn sich dieselben verdichten. Daher erhitzen die Dämpfe bey Destillationen den Helm und die Röhre des Kühlgefäßes bey weitem stärker, als eine gleiche Menge siedenden Wassers thun würde, ob gleich ihre Temperatur nicht viel höher ist. Volta und Scopoli (Abhandl. über die Wärme, übers. in Crells neusten Entd. Th. 12. S. 47.) erklären hieraus, warum die Rauchfänge in den Badstuben die Wände so sehr erhitzen, und führen an, wenn man den Wasserdampf in einem Recipienten durch ein mechanisches Mittel zusammendrücke, und ihn so zur Verdichtung nöthige, so entstehe bald eine Hitze, welche die vorige Wärme des Siedpunkts bey weitem übertreffe.

3. **Wenn feste, tropfbarflüßige oder dampfförmige Stoffe in Luftgestalt übergehen, so binden sie mehr Wärme: wenn Luftgattungen sich in feste, flüßige oder dampfförmige Stoffe verwandlen, wird fühlbare Wärme entbunden.**

Dieses Gesetzes erster Theil läst sich nicht durch so unmittelbare und bestimmte Abmessungen erweisen, obgleich so viel klar ist, daß die Luftgestalt blos durch innige Ver-

bindung mit einer groſsen Menge von Wärmeſtof entſtehet; den zweyten Theil aber beſtätigen ſehr zahlreiche und ganz entſcheidende Verſuche. Durch Miſchung nitröſer und reiner Luft entſtehen Salpeterdämpfe, durch Miſchung ſalzſaurer oder flußſpathſaurer Luft mit reiner saure Dämpfe, durch ſalzſaure und flüchtig alkaliſche erzeugt ſich ein feſter Salmiak u. ſ. w., alles mit Erhitzung oder Entbindung freyer Wärme. Phosphorluft entzündet ſich bey Berührung der atmoſphäriſchen Luft, und das flüchtige Vitriolſalz (das ſich nach Herrn Grens Vermuthung zur luftförmigen Flüßigkeit expandirt) raucht bey Eröfnung der Flaſchen mit einer merklichen Wärme.

Die beyden erſten dieſer Geſetze brachten den D. Black in Edinburgh und D. Irwine in Glasgow zuerſt auf die Vorſtellung von gebundener, oder nach Blacks Ausdrucke, latenter Wärme, die als Urſache der Flüßigkeit und Dampfgeſtalt in den Körpern verborgen liege, und ſich nicht eher, als bey Veränderung dieſer Form, durch ihre gewöhnlichen Wirkungen auf Gefühl und Thermometer offenbare. Crawford, der auf dieſe Entdeckungen ſeine ſinnreiche Theorie der thieriſchen Wärme und Verbrennung baut (ſ. Feuer, Th. II. S. 218.), betrachtet dieſe latente Wärme nicht als chymiſch verbunden mit den Stoffen, weil ſie ſich ſchon durch bloße Berührung kalter Körper wiederum trennen läſt. Er bedient ſich daher der Ausdrücke, die Capacität oder comparative Wärme der Stoffe werde vermehrt oder vermindert. Waſſer hat nach ihm mehr Capacität, als Eis, Waſſerdampf mehr, als Waſſer, Luftgattungen mehr, als Dämpfe; jene nehmen mehr Wärme in ihre Zwiſchenräume auf, ohne ſich darum chymiſch mit ihr zu verbinden.

Aber wenn es erlaubt iſt, das gebunden zu nennen, was durch Verwendung ſeiner Wirkung auf andere Körper ſeiner gewöhnlichen Aeuſſerungen und Kennzeichen beraubt wird, ſo iſt dies wohl nicht mehr, als bloßer Wortſtreit. Alle Phänomene vereinigen ſich ſehr ſchön unter einen allgemeinen Geſichtspunkt, wenn man die Wirkungen der Wärme, nemlich Mittheilung, Ausdehnung, Schmelzung

Digitized by Google

Verflüchtigung, Lufterzeugung, alle zusammen als Stufen der Auflösung, und als Folgen der verschiedenen Verwandschaft mit den Körpern, betrachtet. Alsdann aber kan man jede Wärme gebunden nennen, welche durch Verwendung auf irgend eine höhere Stufe an der Ausübung dessen gehindert wird, was sie auf der niedrigern Stufe würde bewirkt haben.

Wer inzwischen durch **Bindung** und **chymische Vereinigung** im allerstrengsten Sinne blos eine solche Combination verstehen will, die nur durch eigentliche Wahlverwandschaften wieder getrennt werden kan, der wird freylich den Wärmestof nur in den Luftarten allein, nicht in festen, flüssigen und dampfförmigen Stoffen, chymisch gebunden finden. Denn nur mit jenen ist er **permanent** vereiniget; diese verlieren ihn schon durch bloße Berührung kalter Körper, oder blos durch sein Bestreben nach Gleichgewicht, das man, als etwas mechanisches, der chymischen Zerlegung entgegensetzt. So betrachtet die Sache Herr Pictet (Versuch über das Feuer, Cap. 1). Er will lieber vier Arten von Feuer oder Wärme, freye, specifische, latente und **chymisch gebundne**, unterschieden wissen. Die specifische will er nicht mit Cranford Capacität, lieber Affinität, noch lieber minderes Widerstreben gegen freyes Feuer, nennen. Für die latente in geschmelzten und verdampften Stoffen schlägt er die in der That sehr schicklichen Namen **Flüßigkeitswärme** und **Vaporisationswärme** vor, wie man Krystallisationswasser sage; chymisch gebunden sey die Wärme nur, wenn sie einen wirklichen Bestandtheil der Körper ausmache, und ihr Streben nach Gleichgewicht verlohren habe. Diese strengere Eintheilung macht man doch nur darum, weil man die Mittheilung der Wärme als etwas blos mechanisches ansieht. Aber sie erfolgt ja auch nach besondern Gesetzen, die sich auf specifische Wärme oder Affinität jedes Stoffes gründen. In der Wirklichkeit mögen überhaupt mechanische und chymische Wirkungen wenig von einander verschieden seyn. Und bey der latenten Wärme sehe ich vollends kein Bedenken, sie gebunden zu nennen, so wie man ja auch das Krystallenwasser gebunden nennen kan.

Digitized by Google

Gegen Crawfords Erklärungen durch Capacität läßt sich einwenden, daß Capacität nichts ist, wenn man nicht damit den Begrif eines thätigen Stofs verbindet, für dessen Wirksamkeit die Capacität vorhanden ist. Nimmt man nun den Wärmestof für einen solchen an, so läuft die ganze Idee von Capacität auf Grad der Verwandschaft oder Anziehung gegen diesen Stof hinaus, wodurch eine größere oder geringere Menge desselben im Gleichgewichte gehalten und eben dadurch ihrer anderweiten Thätigkeit beraubt wird. Und nun erklärt sich aus dieser Quantität wirksamen oder unwirksamen Stofs, d. i. aus freyer oder gebundner Wärme, alles, ohne daß man gerade die Idee von Capacität nöthig hat. Diese Betrachtung, die Herr de Lüc einigemal gegen Crawford anführt, bewog die Herren Lavoisier und de la Place zu der Erfindung ihres Eisapparats, durch den man die ganzen Wärmemengen findet, welche die Stoffe bey verschiedenen Temperaturen enthalten, s. den Artikel: Wärmemesser. Eben dieser Gedanke zeigt auch, daß in vielen Fällen die Capacität allein nicht hinreicht, alles zu erklären, z. B. wenn viel Wärme plötzlich frey wird, wenn sie sich in einem Falle schneller, im andern langsamer entbindet, wenn sich die absoluten Mengen der Wärme anders, als die gefundenen Capacitäten, verhalten u. s. w. Man kömmt viel weiter, wenn man direct bey der Wärmemenge selbst, als dem Hauptbegriffe, stehen bleibt. Herr de Lüc, dessen Theorie der Wärme beym Worte Feuer (Th. II. S. 225 u. f.) vorgetragen ist, hat eben diese Meinung, wie man dort S. 226 und 230 sehen kan.

Daß die Luftgestalt der Materie von ihrer innigen Verbindung mit dem Wärmestof, oder von ihrer Auflösung in demselben herkomme, beweisen die Versuche von Lavoisier (Opusc. phys. et chym. To. III. 1783. 8.) und Achard (in Crells chemischen Annalen 1785. 4. 5. 6 St.). Die letztern zeigen, daß bey Ablöschung glühender Stoffe in völlig luftleerem Wasser allemal Luft erzeugt wird, und daß Wasserdämpfe sowohl, als eine große Menge anderer Dämpfe, wenn man sie durch glühende Röhren gehen läßt,

Digitized by Google

ſich wirklich in Luftgattungen verwandeln. Ueberhaupt aber ſind Dampfgeſtalt und Luftform durch ſo unmerkliche Grenzen unterſchieden, daß bey der Verdichtung ſehr vieler Dämpfe der letzte Theil allemal permanent elaſtiſch bleibt. Die Dampfform läſt ſich alſo ſehr wohl als eine niedrigere Stufe der Auflöſung im Wärmeſtof anſehen, bey der die Bindung nur nicht ſo feſt iſt, als bey der Luftgeſtalt, ſ. Dämpfe. Mir ſcheint es nun ſehr einfach, die Schmelzung, ja ſelbſt die Ausdehnung feſter Körper durch die Wärme, und die Wirkung der letztern aufs Gefühl, als die niedrigſten Stufen eben dieſer Bindung anzuſehen, und ſie ſämmtlich als Wirkungen der Auflöſungskraft, Verwandſchaft oder Kauſticität des Wärmeſtofs zu betrachten. Das Gefühl der Wärme iſt doch ganz dem Gefühl ähnlich, welches ätzende oder ſtark auflöſende Mittel in unſerm Körper hervorbringen. Eben deswegen wollte man ja ſonſt in allen Aetzmitteln Feuer finden, ſ. Kauſticität.

Die Verbrennung beſteht in derjenigen Zerſetzung gewiſſer Körper durch den Wärmeſtof, welche nur bey einem hinlänglichen Grade der Erhitzung und beym Zutritte reiner Luft erfolgt, auch allezeit mit Licht und mit einer ſehr reichlichen Entbindung freyer Wärme begleitet iſt. Es iſt offenbar, daß hiebey complicirte Wahlverwandſchaften wirken. Wie aber dies eigentlich geſchehe, und in welchem Verhältniße dabey Wärmeſtof, Licht, reine Luft, und brennbare Stoffe ſelbſt, miteinander ſtehen, das wird auf ſehr verſchiedene Art erklärt, ſ. Verbrennung. Die Zukunft wird vielleicht hierinn noch manches aufklären, ſo wie überhaupt der ganzen Lehre von Wärme und Feuer noch eine große Kriſis bevorzuſtehen ſcheint.

v. Muſſchenbroek Introd. ad philoſ. nat. To. II. §. 1524 ſqq.

Errleben Anfangsgr. der Naturlehre. 4te Auflage, durch Lichtenberg. Göttingen, 1784. 8. §. 417 u. f. an mehreren Stellen.

Gren Grundriß der Naturlehre. Halle, 1788. 8. §. 342. u. f.

Franz Xaver Baader vom Wärmeſtof, ſeiner Vertheilung, Bindung und Entbindung, eine Probſchrift. Wien und Leipzig, 1786. 4.

Digitized by Google

de Luc neue Ideen über die Meteorologie, a. d. frz. Berlin, 1787. II. B. gr. 8. I. B. §. 115 u. f.

Gren Journal der Physik. Jahr 1790. II. B. 1stes Heft. S. 24 u. f.

C. F. Hindenburg Progr. quo ostenditur, calorem et phlogiston non esse materias absolute leves. Lipſ. 1790. 4.

Marcus Auguſtus Pictets Verſuch über das Feuer, a. d. franz. Tübingen, 1790. 8.

Wärme, abſolute, ſ. **Wärmemeſſer.**

Wärme, ſpecifiſche, eigenthümliche (Wilke), comparative, Capacität für die Wärme (Crawford), wärmebindende Kraft (Baader), Calor ſpecificus, comparativus, Capacitas caloris recipiendi, *Chaleur ſpecifique, comparative, Capacité pour recevoir de la chaleur.* Mit dieſen erſt neuerlich in die Phyſik eingeführten Namen bezeichnet man das Verhältniß der Menge von Wärmeſtof, welche in einem Körper eine beſtimmte Veränderung ſeiner Temperatur hervorbringt, zu der Maſſe (oder nach andern, zu dem Volumen) des Körpers. Die Erfahrung hat nemlich gelehrt, daß nicht alle gleichwiegende (oder gleich große) Körper, wenn ſich ihre Temperaturen um gleich viel ändern ſollen, dazu gleich viel abſoluter Mengen von fühlbarer Wärme bedürfen; denn mancher wird durch weniger abſolute Wärme fürs Thermometer dennoch um eben ſo viel wärmer, als ein anderer durch mehr Wärme wird. Wenn alſo zween ſolche Körper einerley Temperatur haben, und an derſelben einerley Veränderung leiden, ſo ſchreibt man dem, der zu dieſer Veränderung doppelt ſo viel Wärmeſtof annehmen oder verlieren muß, als der andere, eine doppelt ſo große ſpecifiſche Wärme, oder doppelt ſo viel Capacität zu, als dem andern.

Dieſer Begrif iſt relativ. Man kan nicht ſagen, wie groß die ſpecifiſche Wärme des Queckſilbers an und für ſich ſey; man kan nur beſtimmen, wie ſie ſich zu der ſpecifiſchen Wärme eines andern Stoffes, z. B. des Waſſers, verhalte. Wenn z. B. erwieſen iſt, ein Pfund Queckſilber brauche, um vom Eispunkte bis auf 10 Grad erwärmt zu wer-

Digitized by Google

den, nur $\frac{1}{21}$ der Wärmemenge, welche ein Pfund Waſſer zu eben der Veränderung braucht, ſo iſt das Verhältniß der ſpecifiſchen Wärmen bey den genannten Körpern = 1 : 21 (oder, wenn man die Vergleichung nach dem Volumen anſtellt, wo das Queckſilber, das mit 1 Pfund Waſſer gleichen Raum einnimmt, 14 Pfund wiegt, alſo 14 mal mehr Wärme braucht, = 14 : 21 d. i. wie 2 : 3).

Nimmt man aber die ſpecifiſche Wärme irgend eines ſich immer gleich bleibenden Stofs, z. B. des Waſſers, zur Einheit an, ſo kan man jede andere durch eine Zahl ausdrücken. Die des Waſſers = 1 geſetzt, iſt die des Queckſilbers = $\frac{1}{21}$ (oder nach dem Volumen verglichen = $\frac{2}{3}$). Nach ſolchen Zahlen laſſen ſich alsdann auch die ſpecifiſchen Wärmen unter einander ſelbſt vergleichen.

Wenn man die ſo ausgedrückte ſpecifiſche Wärme eines Stofs (nach den Maſſen verglichen) durch die Zahl multiplicirt, welche das eigenthümliche Gewicht dieſes Stofs (das Gewicht des Waſſers = 1 geſetzt) ausdrückt, ſo erhält man die Zahl, welche der ſpecifiſchen Wärme, (nach dem Volumen verglichen) zugehört. Für Queckſilber z. B. iſt $\frac{1}{21} \cdot 14 = \frac{2}{3}$.

Daß man aus gleichen Thermometerſtänden oder gleichen Veränderungen derſelben nicht auf gleiche Mengen von Feuer oder fühlbarer Wärme (in Körpern von gleicher Maſſe oder Volumen) ſchließen dürfe, erinnerte ſchon 1772 Herr de Lüc (Unterſ. über die Atmoſph. II. Th. §. 973) mit dem Zuſatze, „daß er Gleichheit der Wärme in Körpern „von verſchiedener Natur für nichts anders halte, als für „eine gleiche Abneigung, Feuer aus ſich zu laſſen, oder „neues anzunehmen“. Mithin iſt es eine richtige Bemerkung von Herrn Pictet, daß ſich die erſten Spuren des Begrifs von ſpecifiſcher Wärme in Herrn de Lüc Schriften finden.

Verſuche, die hierauf hätten führen können, waren freylich ſchon längſt von Boerhaave (Elem. Chem. To. I. P. 2.), oder vielmehr auf Boerhaave's Veranſtaltung von Fahrenheit gemacht worden. Man vermiſchte gleiche Maſſen von verſchiedenen Temperaturen, und ſuchte die

Digitized by Google

Temperatur der Mischung. Hiebey gieng der sonderbare Fehler vor, daß man zu finden glaubte, die Wärme der Mischung sey die halbe Differenz der beyden Temperaturen der vermischten Massen, da sie doch in der That ihre halbe Summe ist. Inzwischen war dies blos ein Fehler der Versuche oder sonst ein Mißverständniß, und Richmann fand nachher die wahre Regel durch seine Versuche so, wie sie beym Worte Feuer (Th. II. S 219.) angegeben ist. Boerhaave ließ unter andern auch Queckſilber und Wasser (unter gleichem Volumen) vermischen, um die Vertheilung der Wärme unter beyde zu erfahren. Daraus ergab sich, daß 3 Maaß Queckſilber und 2 Maaß Wasser zusammengegossen eben die Wärme geben, die gleiche Theile Wasser zusammengegossen geben, es mag das Queckſilber oder das Wasser wärmer seyn. Hierinn liegt deutlich die Entdeckung, daß 3 Maaß Queckſilber eben so viel Wärme mittheilen, als 2 Maaß Wasser. Boerhaave aber begnügte sich, daraus zu folgern, daß sich das Feuer nicht nach der Dichte der Körper vertheile, und fand am Ende in diesem Versuche sogar eine Bestätigung seines Satzes, daß die Vertheilung nach den Räumen geschehe.

Das Verdienst, die Gesetze der Vertheilung freyer Wärme unter verschiedene Stoffe zuerst genau untersucht, und daraus den bestimmten Begrif von specifischer Wärme hergeleitet zu haben, gehört unstreitig Herrn Wilke. Dieser scharfsinnige Naturforscher, der auf diese Entdeckung im Jahre 1772 bey seinen Versuchen über die Kälte des Schnees beym Schmelzen gekommen war, giebt zur Bestimmung der specifischen Wärme (Neue Schwed. Abhandl. II. B. Leipzig, 1784. 8. S. 48.) folgende Methode an. Er taucht einen auf bestimmten Grad erwärmten Körper in ein genau gleiches Gewicht eiskalten Wassers, und erforscht mit dem Thermometer die Wärme der Mischung. Nun berechnet er durch Richmanns Regel, wie viel gleichwarmes Wasser nöthig gewesen wäre, dem eiskalten Wasser eben dem Wärmegrad zu geben, woraus sich denn ergiebt, wie viel mehr oder weniger Wärme der Körper unter gleichem Gewichte und bey gleicher Temperatur mit dem Was-

Digitized by Google

ser mittheile. Wenn z. B. ein Goldstück von der Temperatur 100 Grad (nach der schwedischen Scale) in gleichwiegendes eiskaltes Wasser getaucht, dem Gemenge die Temperatur 5 Grad giebt, so zeigt die Regel, daß man ebenderselben eiskalten Wassermasse nur $\frac{1}{19}$ kochendes oder auf 100 Grad erhitztes Wasser hätte beymischen dürfen, um in der Mischung eben die Temperatur von 5 Grad zu erhalten. Denn das (Th. II. S. 219.) angegebene Verhältniß $\mu - n : m - \mu$ wird hier (wo $m = 100$; $n = 0$; $\mu = 5$) $= 5 : 100 - 5 = 1 : 19$. Mithin giebt $\frac{1}{19}$ Loth Wasser schon so viel Wärme ab, als 1 Loth Gold bey gleicher Temperatur; und 1 Loth Wasser giebt 19 mal mehr, als 1 Loth Gold. Ueberhaupt sieht man, daß bey dieser Methode (wo allemal $n = 0$ ist) das gesuchte Verhältniß der Fähigkeit des Körpers gegen die Fähigkeit des Wassers $= \mu : m - \mu$ wird, wenn m die Temperatur des eingetauchten Körpers, μ die Temperatur des Ganzen nach geschehener Eintauchung oder Vermischung bedeutet.

Wilke unterschied zuerst zwischen dieser verschiedenen Fähigkeit, Wärme zu geben oder anzunehmen, in so fern sie dem Stoffe der Körper überhaupt, ohne Rücksicht auf ihre Größe, eigen ist, und in so fern dabey die Größe, oder das Volumen, in Betrachtung kömmt. In der letztern Rücksicht war sie schon von mehrern Naturforschern bemerkt worden, und so nannte er sie **relative Wärme**; in der erstern aber sahe er sie, als etwas dem Stoffe eigenthümliches an, und gab ihr daher den Namen **der specifischen Wärme**.

Setzt man diese Wärmen beym Wasser allezeit $= 1$, so ist die specifische Wärme des eingetauchten Stoffes $= \frac{\mu}{m - \mu}$. Die relative findet man daraus durch Multiplication mit der Zahl g, welche das eigenthümliche Gewicht dieses Stoffes ausdrückt (das Gewicht des Wassers gleichfalls $= 1$ gesetzt), daß also die relative Wärme $= \frac{\mu}{m - \mu} \cdot g$ ist. So findet man fürs Gold die specifische Wärme $= \frac{1}{19}$ die relative $= \frac{1}{19} \cdot 19 = 1$, oder der des Wassers gleich.

Digitized by Google

Wilke fand durch seine Versuche die specifische Wärme eines jeden Stofs für alle Temperaturen zwischen Eis- und Siedpunkt ziemlich gleich groß, und schloß also, daß man sie innerhalb dieser Grenzen als beständig ansehen könne. Ohne besondere Versuche hierüber dürfte man dies nicht annehmen. Denn, wenn sich gleich die Wärmemengen, welche nöthig sind, ein Pfund Wasser und ein Pfund Queckſilber von Null bis auf 5 Grad zu erheben, wie 21 zu 1 verhalten; so können doch diejenigen, welche man anwenden muß, um die nemlichen Stoffe von 80 bis 85 Grad zu erheben, vielleicht in einem größern oder geringern Verhältniße stehen. Die Versuche zeigen aber in den angegebnen Grenzen keinen merklichen Unterschied. Dürfte man voraussetzen, daß eben diese Beständigkeit bis zu dem Grade fortdauerte, bey welchem die Körper ihrer ganzen Wärme völlig beraubt, oder absolut kalt seyn würden; so ließen sich diese Verhältniße der specifischen Wärmen als Verhältniße der ganzen in den Körpern enthaltenen Wärmemengen betrachten. Aber man sieht leicht, daß uns unsere in so enge Grenzen eingeschloßenen Versuche zu einer solchen Voraussetzung nicht berechtigen können.

Inzwischen hatten D. Black in Edinburgh und Irwine in Glasgow eben diesen Gegenstand schon früher bearbeitet, obgleich die Resultate ihrer Versuche erst nach Wilkens im Jahre 1772 gemachten Entdeckungen, hauptsächlich durch Crawford's darauf gebaute Theorie (Exp. and observ. on animal Heat and the inflammation of combustible bodies. London, 1779. 8 maj.) bekannt geworden sind. Die Methode dieser Gelehrten ist im Grunde mit der Wilkischen einerley, jedoch abgekürzter und auf eine eigne Betrachtung gegründet. Nennt man nemlich die Massen zweener Körper a und b, ihre Temperaturen m und n, die Mengen Wärmestof, die man jedem dieser Körper zusetzen muß, um seine Temperatur um 1 Grad zu erhöhen, α und β, und die Temperatur ihrer Mischung μ; so wird der wärmere Körper, der um $m - \mu$ Grade erkältet wird, und für jeden Grad α verliert, in seiner ganzen Masse a zusammen $a\alpha(m - \mu)$ verlieren; hingegen wird der kältere,

Digitized by Google

der um $\mu - n$ Grade erwärmt wird, und für jeden Grad β bekömmt, in seiner ganzen Masse b zusammen $b\beta(\mu - n)$ erhalten. Nun setzt man voraus, daß hier keine fühlbare Wärme verlohren gehe, vielmehr der ganze Wärmegehalt vor und nach der Vermischung gleich bleibe. Unter dieser Bedingung muß der wärmere Körper genau so viel verlieren, als der andere bekömmt; daher ist

$$a\alpha(m - \mu) = b\beta(\mu - n)$$

woraus $\alpha : \beta = b(\mu - n) : a(m - \mu)$ folgt.

Darf man nun weiter annehmen, daß α und β für jeden Grad gleichviel betragen, so sind die Wärmemengen, welche erfordert werden, um beyder Körper Temperatur gleich viel zu ändern, d. h. ihre comparativen Wärmen, in dem Verhältniße

$$b(\mu - n) : a(m - \mu)$$

und wenn die Massen a und b gleich sind in dem Verhältniße $\mu - n : m - \mu$; oder nach **Magellan** (Essai sur la nouvelle theorie du feu elementaire et de la chaleur des corps. à Londres, 1780. 4.):

Die specifischen Wärmen jeder zween Körper (von gleichen Massen) stehen im verkehrten Verhältniße des Unterschieds zwischen der fühlbaren Wärme ihrer Mischung (μ) und der fühlbaren Wärme eines jeden vor der Mischung (m und n).

Setzt man die specifische Wärme des Wassers $= 1$, so giebt jeder Versuch, bey welchem der eine der gebrauchten Körper Wasser von der Temperatur n ist, die specifische Wärme des andern $= \frac{b.(\mu - n)}{a.(m - \mu)}$, die relative (nach dem Volumen verglichene) $= \frac{b.(\mu - n)}{a.(m - \mu)} . g.$

Es ließe sich leicht zeigen, wie eben dieses aus **Richmanns** Formel folgt. Nimmt man Wilkens Methode gemäß eiskaltes Wasser, wofür an der schwedischen

Scale n == o wird, so verwandlet sich der Ausdruck bey gleichen Massen, wie oben, in $\frac{\mu}{m - \mu}$.

Black und Irwine mischten ein Quartier siedendes Wasser (von 212 Grad fahr.) mit einem Quartier eiskalten Queckſilbers (von 32 Grad), und fanden die Temperatur 140 Grad. Weil hier die Massen ungleich sind, und das Queckſilber 14 mal mehr, als das Wasser wog, so ist a=14; b = 1 zu seßen. So wird das Verhältniß der specifischen Wärmen von Queckſilber und Wasser

1. (140 − 212) : 14 (32 − 140) = 72 : 14. 108 = 1 : 21.

Man nimmt nemlich hier, wo die Unterschiede negativ werden, das Verhältniß der positiven Werthe n — μ und μ — m, welches eben dasselbe ist. Den Verſuch sollen die obengenannten Gelehrten schon lange vor Wilken zu Glasgow angeſtellt haben.

Dieses sind nun die Grundsäße, worauf die Verfertigung der Tabellen für die specifischen Wärmen ungleichartiger Körper beruht. Nachdem Crawford schon diese Wärmen bey mehrern Körpern, z. B. beym Blute, bey einigen Nahrungsmitteln, bey verschiedenen Luftgattungen u. s. w. unterſucht hatte, beschäftigte sich vornehmlich Kirwan mit diesem Gegenstande. Er war der erste, der eine solche Tabelle für mehrere Stoffe verfertigte, und seinem Freunde Magellan mittheilte, welcher sie sodann in seiner erst angeführten Schrift bekannt machte. Eine vollständigere Tafel giebt Bergmann (De attr. elective. in Opusc. Vol. III. p. 434.), und aus ihm Baader (Vom Wärmeſtof, S. 129 u. f.); eine neuere mit vielen eignen Verſuchen vermehrte Gadolin (De theoria caloris corporum specifici. Aboae. 1784. 4. p. 13). Durch Lavoiſier und de la Place sind diese Tabellen noch mehr berichtiget worden, auch Crawford hat in der neuern Ausgabe seines Werks die ehemaligen Angaben beträchtlich abgeändert. Folgende Tabelle der specifischen Wärmen ist aus Herrn D. Gren Grundriß der Naturlehre, §. 412. genommen.

Digitized by Google

Gemeines Waſſer	1,000	
Eis	0,900	
Queckſilber	0,033	(Lav. 0,029)
Eiſen	0,125	
Zinn	0,068	
Bley	0,050	
Spiesglaskönig	0,086	
Spiesglaskalk	0,220	
Eiſenkalk	0,320	
Zinnkalk	0,096	
Bleykalk	0,058	
Flintglas	0,174	
Terpentinöl	0,472	
Baumöl	0,710	
Leinöl	0,528	
Wallrath	0,399	
Auflöſung von braunem Zucker	1,086	
— — v. Küchenſalz (1 Th. in 8 Th. Waſſer)	0,832	
— — v. Salpeter	0,646	
— — v. Glauberſalz	0,728	
— — v. Weinſteinrahm	0,765	
— — v. Salmiak	0,798	
— — v. Epſomſalz	0,844	
— — v. Alaun	0,649	
— — v. Eiſenvitriol	0,734	
Vitriolſäure	0,758	
Phlogiſtiſirte Vitriolſäure	0,429	
Weinſteinöl	0,759	
Dephlogiſtiſirte Salpeterſ.	0,844	
Rauchende Salpeterſäure	0,576	
Rauchende Salzſäure	0,680	
Schwefel	0,183	
Flüchtige Schwefelleber	0,994	
Starker Eſſig v. rothem Weine	0,387	
Concentrirter deſtill. Eſſig	0,103	

Digitized by Google

Aetzendes flücht. Laugensalz	0,708	
Versüßtes flücht. Laugensalz	1,851	
Rectificirter Weingeist	1,086	
Roher Kalkstein	0,256	
Ungelöschter Kalk	0,245	
Roggen	0,340	
Haser	0,422	
Gerste	0,402	
Bohnen	0,613	
Venöses Blut	0,970	(0,8928)
Hellrothes arteriöses Blut	1,120	(1,03)
Wasserdampf	1,55	
Dephlogistisirte Luft	87,000	(4,75)
Atmosphärische Luft	18,673	(1,8)
Fixe Luft	0,270	(1,04)

Die Versuche hierüber erfordern viel Genauigkeit und Vorsicht. Man muß die Wärme, welche während der Vermischung an die umgebende Atmosphäre abgesetzt wird, nebst derjenigen, welche ins Gefäß übergeht, in Rechnung zu bringen wissen; die kältere Substanz muß die Temperatur der Luft im Zimmer haben, damit sie beym Hinzubringen zu der wärmern nichts davon verliere; man muß sehr niedrige Temperaturen eben sowohl, als sehr hohe vermeiden, und die Volumina der Substanzen, deren Wärme verglichen werden soll, einander so gleich, als möglich, machen. Endlich muß man nie solche Körper vermischen, welche durch chymische Wirkung auf einander empfindbare Wärme oder Kälte hervorbringen, weil bey jeder solchen Entbindung oder Bindung die Capacität, die man sucht, oder die specifische Wärme, geändert wird. Diese Vorsicht hat Crawford, der sie doch sehr empfiehlt, selbst nicht hinlänglich beobachtet. Mehlige Samen verdicken das Wasser zu einem Schleime, und entbinden dadurch fühlbare Wärme, auch wenn sie unzerstückt mit selbigem vermischt werden. Etwas ähnliches geschieht bey den Mischungen

des Blutes, Fleiſches ꝛc. mit Waſſer. Daher weiß ich nicht, ob folgende Angaben aus der neuern Ausgabe des Crawford viel zuverläßiger, als die vorigen, ſeyn werden.

Weizen .	0,476	mageres Rindfleiſch . .	0,740
Habergrütze	0,416	Kuhhaut mit Haaren .	0,787
Bohnen .	0,502	Schaflungen . . .	0,796
Gerſte . .	0,421	friſche Kuhmilch . .	0,999
Reiß . .	0,506	arteriöſes Blut eines Hun-	
Erbſen .	0,492	des	1,030

Noch weit beträchtlicher ſetzt Crawford die comparativen Wärmen der reinen und atmoſphäriſchen Luft herab, nachdem er dieſelben durch Miſchung der Luftgattungen mit Oel unterſucht hat. Er giebt ſie nemlich in der neuen Ausgabe ſeines Werks folgendergeſtalt an:

Dephlogiſtiſirte Luft . .	4,749
Atmoſphäriſche . . .	1,796
Phlogiſtiſirte . . .	0,794
Fixe	1,045
Brennbare . . .	21,4

Eine ſo große Abweichung von den vorigen Angaben (da die Capacität der reinen Luft von 87 auf $4\frac{3}{4}$, die der gemeinen von $18\frac{2}{3}$ auf $1\frac{2}{3}$ heruntergeſetzt iſt), kan unmöglich ein gutes Vorurtheil für die Richtigkeit dieſer Beſtimmungen erwecken, wozu noch kömmt, daß die gebrauchten Veränderungen der Temperatur bey den Verſuchen ſelbſt äuſſerſt klein waren, und kaum $\frac{1}{10}$ eines fahrenheitiſchen Grades überſtiegen. Schwerlich kan man daher dieſe Angaben als ſehr zuverläßig betrachten.

Geſetzt aber auch, ſie wären aufs genauſte beſtimmt, ſo bleibt noch immer die Frage, was denn nun die nach dieſer Methode gefundenen Verhältniße eigentlich anzeigen, und was man aus ihnen folgern könne? Hierüber ſcheinen die vortreflichen Naturforſcher, welche dieſen Gegenſtand bearbeitet haben, nicht vollkommen einverſtanden zu ſeyn. Ganz eigentlich drücken die obigen Zahlen nur das Verhältniß aus, nach welchem ſich alle Zuſätze von freyer Wärme unter ungleichartige Körper vertheilen, oder zu vertheilen

ſtreben. Dieſes Verhältniß kan man mit Wilke der ſpecifiſchen, mit Crawford der comparativen Wärme oder Capacität, mit Baader der wärmebindenden Kraft, mit de Lüc und Pictet der wenigern Abneigung oder dem mindern Widerſtreben der Körper gegen freyes Feuer, beylegen.

Man verſtattet ſich aber auch hieraus auf das Verhältniß des ganzen in den Körpern befindlichen Wärmegehalts, oder ihrer abſoluten Wärme, zu ſchließen. Hiezu würde eigentlich erfordert, daß das Verhältniß der Capacitäten durch alle möglichen Temperaturen unveränderlich bliebe. Sind nemlich die abſoluten Wärmen zweener Stoffe von gleichen Maſſen X und x, ſo iſt das Verhältniß ihrer ſpecifiſchen Wärmen dX : dx. Hat nun dieſes einen völlig unveränderlichen Exponenten = e (und werden im wärmeleeren Körper X und x zugleich = o), ſo folgt aus dX = edx allerdings auch X = ex; oder es ſind die abſoluten Wärmen in eben dem Verhältniße, wie die ſpecifiſchen. Dieſer Schluß ſetzt aber voraus, daß 1) das Verhältniß der ſpecifiſchen Wärmen ſchlechterdings, und ſelbſt bis zur abſoluten Kälte, unverändert bleibe, welches anzunehmen, uns die Verſuche nicht berechtigen, 2) daß man über diejenige abſolute Wärme, welche auf Flüßigkeit, Dampfform u. ſ. w. verwendet, und von Black latente Wärme genannt wird, beſondere Rechnung führe, weil dieſe nicht aufs Thermometer wirkt, und ſich alſo bey den Verſuchen, wodurch die ſpecifiſchen Wärmen beſtimmt ſind, nicht hat zeigen können. Dieſe Umſtände machen den Schluß auf die Verhältniße der abſoluten Wärmen unſicher, da ſich die Menge der latenten Wärme ſchon durch eine mehrere Verdickung oder Verdünnung der Subſtanzen ändert. Herr Lichtenberg hat ſogar bemerkt, daß im heiſſern Waſſer, weil es flüßiger wird, mehr Wärme latent werden müſſe, als im kältern.

Wilke und Crawford ſtimmen darinn überein, daß ſie die ſpecifiſche Wärme als Fähigkeit betrachten, Wärme aufzunehmen, und in eben dem Maaße wieder mitzutheilen. Daß der Schluß von dieſer Fähigkeit auf die Menge

des wirklich aufgenommenen Wärmestofs wenigstens indirect sey, fällt in die Augen. Auch haben Lavoisier und de la Place eine ganz andere Methode zu Entdeckung des absoluten Wärmegehalts angegeben, deren Resultate in der That von den Verhältnißen der durch Mengung gefundenen specifischen Wärmen in etwas abzuweichen scheinen, s. Wärmemesser.

Magellan und nach ihm Bergmann machen sich von specifischer Wärme noch einen andern Begrif. Sie ist nach ihrer Meinung der einem jeden Körper eigne Wärmegehalt, welcher dem Gefühl und Thermometer nicht bemerkbar ist. Nur der Ueberschuß über diesen specifischen Wärmegehalt eines Stofs macht dasjenige aus, was die empfindbare Wärme bewirkt. Von diesem empfindbaren Feuer glaubt Magellan, es vertheile sich, wie Boerhaave's Elementarfeuer, unter alle gleichwarme Stoffe gleichförmig nach dem Verhältnisse der Räume. Er stellt sich die specifische Wärme als den Oberflächen der Atomen anhängend vor, und läst dagegen die empfindbare frey durch die Zwischenräume hindurchgehen. Wenn nun gleiche Massen Queckfilber und Wasser durch Zusätze, die sich wie 1 : 21 verhalten, gleich viel an empfindbarer Wärme zunehmen, so muß man sich hiebey vorstellen, als ob jeder Atom des Queckfilbers nur 1 Theil specifischen Wärmegehalt mehr annähme, wenn jeder Atom des Wassers 21 Theile annimmt; findet nun dies ohne Ausnahme bey allen Temperaturen statt, so wird auch der ganze unfühlbare, oder wie er hier heißt, specifische Wärmegehalt in jeder Masse Queckfilber 21 mal geringer seyn, als in einer gleichen und gleichwarmen Masse Wasser u. s. w. Daher sollen, auch nach dieser Vorstellungsart, die Zahlen der Tabelle Verhältnisse der Wärmemengen ausdrücken, die von verschiedenen Stoffen gebunden, oder fürs Thermometer unmerklich gemacht werden. Eben so versteht diese Sätze Kirwan (Vers. u. Beob. über die Salze und das Phlogiston, a. d. engl. von Crell, Berl. u. Stett. 1785. Vorbericht), dagegen Volta und Scopoli die Bindung der Wärmematerie läugnen, und alles auf vermehrte oder verminderte Capacität zurückführen.

Digitized by Google

Crawford erklärt die große Menge fühlbarer Wärme, welche bey der Verbrennung u. s. w. entsteht, bloß durch die verminderte Capacität der reinen Luft. Diese wird durch Verbindung mit dem Phlogiston des brennenden Körpers, nach seinen ehemaligen Angaben, von 87 auf 0,27 d. i. auf ihren 322sten Theil herabgesetzt, welches die fühlbare Wärme 322 mal vergrößert. Hiegegen hat schon Herr de Lüc erinnert, wenn die Wärme ein eigner Ausdehnung bewirkender Stof sey, so müsse man die Capacität der Körper gegen dieselbe vielmehr nach den Räumen, und nicht nach den Massen, vergleichen. Hiebey finde man die Capacität der gemeinen Luft nur $\frac{1}{4\frac{1}{3}}$ von der Capacität des Wassers, welches zu wenig sey, um aus den darinn vorgehenden Veränderungen die große Hitze der Flamme zu erklären. Gegen diesen Einwurf ließe sich nun Crawford's Theorie leicht vertheidigen. Denn, wenn sonst die Versuche richtig wären, so behielte die phlogistisirte oder fixe Luft allemal fast 322 mal weniger Capacität, als reine, und fast 69 mal weniger, als gemeine; man möchte die Vergleichung nach den Massen, oder nach den Räumen, anstellen. Mit dem Wasser verglichen, fallen freylich die Zahlen 87 und 0,27 auf $\frac{1}{4\frac{1}{3}}$ und 0,00034 herab: aber untereinander selbst bleiben diese neuen Zahlen noch immer in dem vorigen beträchtlichen Verhältniße. Wenn also gleich de Lücs Einwurf die Vorstellung von der absoluten Wärmemenge in der Flamme sehr herabsetzt, so mindert er doch nicht die Idee von einer großen fühlbaren Wärme oder von einem verhältnißmäßig großen Ueberschuße, der doch nur in dem kleinen Raume statt findet, welchen die Flamme einnimmt, und der mit der Flamme selbst alle Augenblicke vergeht und von neuem entstehet, so wie alle Augenblicke neue reine Luft zu Unterhaltung der Flamme verwendet wird.

Aber nach neuern Versuchen setzt Crawford selbst die Capacitäten der reinen und gemeinen Luft auf $4\frac{3}{4}$ und $1\frac{1}{4}$ herab, und rückt dagegen die der phlogistisirten und fixen auf $\frac{2}{3}$ und $1\frac{1}{20}$ herauf, wodurch sich freylich die Verhältniße sehr merklich ändern. Denn jetzt wird die Capacität der reinen Luft, wenn sie sich in phlogistisirte verwandlet,

Digitized by Google

nur 6 mal geringer, u. ſ. w. Nun kan man zwar ſagen, dies ſey noch immer genug, um die Hitze der Flamme zu erzeugen; es fällt aber doch der vormalige auffallende Unterſchied weg, der wohl manchen Naturforſcher mag bewogen haben, Crawfords Vorſtellungen Beyfall zu geben.

Was Crawford Veränderung der Capacität nennt, das drücken andere, meines Erachtens ſchicklicher, durch Bindung oder Entbindung mehrerer latenten, chymiſch vereinigten Wärme u. ſ. w. aus. Dieſer Vorſtellungsart bedient ſich auch de Lüc, ſ. Feuer, Wärme. Hiebey kömmt nun die Frage wieder, ob ſich aus den durch Mengung gefundenen Verhältnißen der ſpecifiſchen Wärme ein ſicherer Schluß auf die Verhältniße der abſoluten Wärmemengen in den Körpern machen laſſe, wenn man dieſe latente Wärme mit darunter begreift. Im Ganzen genommen, ſcheinen zwar flüßige Materien mehr ſpecifiſche Wärme zu haben, als feſte, Dämpfe mehr, als flüßige Körper, Luftgattungen mehr, als Dämpfe, wie z. B. die ſpecifiſche Wärme beym Eiſe $\frac{9}{10}$, beym Waſſer 1, beym Waſſerdampfe $1\frac{1}{2}$, bey dephlogiſtiſirter Luft $4\frac{3}{4}$ angegeben iſt. Die Tabelle zeigt aber auch Ausnahmen, und wir ſind überhaupt noch nicht weit genug, um hierüber zu entſcheiden.

Der Hauptſatz der crawfordſchen Theorie, daß durch Verbindung mit Phlogiſton die Capacität jedes Körpers vermindert werde, leidet nach den Verſuchen in der neuen Ausgabe ſeines Werks ebenfalls viele Ausnahmen, und kan daher kein allgemeines Naturgeſetz ſeyn. Es wird z. B. die comparative Wärme

der Steinkohle	0,27777
der gebrannten Steinkohle . .	0,19230
der Aſche von dieſer . . .	0,18522

angegeben, da doch dem Geſetze zufolge dieſe Capacität bey der Aſche größer ſeyn ſollte, als bey der ungebrannten mit ihrem Phlogiſton noch verbundnen Kohle ſelbſt.

Wenn nun gleich in dieſen Folgerungen, die man aus den Verſuchen über die ſpecifiſche Wärme zu ziehen geſucht hat, noch viel Ungewißheit und Dunkelheit herrſcht, ſo bleiben doch die Verſuche an ſich ungemein wichtig. Sie zei-

Digitized by Google

gen doch ohne Einwendung die besondern Gesetze, nach welchen sich die fühlbare Wärme unter ungleichartige Stoffe vertheilt. Wenn man sich des Schlußes auf die Verhältniße der absoluten Wärmen ganz enthält, und die Zahlen der Tabelle für nichts weiter, als Exponenten der Verhältniße ansieht, nach welchen ungleichartige Stoffe Wärme annehmen und mittheilen, wenn in ihnen gleich große Veränderungen der Temperatur bewirkt werden; so lehren diese Versuche, wofern sie nur mit der gehörigen Genauigkeit angestellt sind, ganz unläugbare physische Wahrheit.

Zwar hat der Ritter von Soyecourt (Mém. sur les experiences données en preuve de la chaleur latente. à Paris. 1788. im Auszuge im Gothaischen Magazin für das Neuste aus d. Phys. VI. Band, 2. St. S. 131 u. f.) die ganze Lehre von der specifischen Wärme durch einen Versuch verdächtig machen wollen, bey dem ein blechernes Gefäß mit 1 Pfund Wasser von 58 Grad Temperatur (nach Reaumür) in eben der Zeit 30 Grad Wärme verlohr, in welcher in einem andern gleichgroßen Gefäße mit 1 Pfund Eis, wozu gleichfalls 1 Pfund Wasser von 58 Grad Temperatur gegossen war, das Eis schmolz, und die Temperatur auf $\frac{1}{2}$ Grad herabkam. Aus diesem Versuche schließt er, das mit dem Eise vermischte Wasser habe gleichfalls 30 Grad Wärme an das Gefäß und die umgebende Luft verlohren; mithin würde man nur die übrigen $27\frac{1}{2}$ Grad als wirklich vom Eise verschluckt und gebunden ansehen können, wenn es verstattet wäre, einen wesentlichen wärmenden Feuerstof anzunehmen: dadurch würde die von Wilke und Black angegebne Menge der beym Schmelzen des Eises gebundenen Wärme von 130 fahrenheitischen Graden (58 Reaum.) auf 61 ($27\frac{1}{2}$ Reaum.) herabgesetzt. Es bestehe aber vielmehr die Wärme in einer innern Bewegung einer besondern Flüssigkeit, woraus sich der Verlust der $27\frac{1}{2}$ Grad von selbst erkläre, indem jede Bewegung durch ihre Wirkung auf widerstehende Theile, die sie weiter aus einander treibe (wie die Theile des Eises beym Schmelzen), nothwendig geschwächt werden müsse. Nähme man ja eine wesentlich wärmende Materie an, so erhitze sie doch nie, ohne zugleich

auszudehnen; sie lege sich blos in die Zwischenräume der Körper, mithin sey auch blos die Raumvergrößerung das wahre Maaß derjenigen Quantität, welche die Körper bey ihrer Erwärmung in sich nähmen; auf diese, nicht auf Verhältniße der Massen, müsse man alsdann die Tafeln der specifischen Wärme bauen. Das Steigen der Thermometer beym Gefrieren, Krystallenanschießen u. s. w. rühre blos von einem Fehler des Werkzeugs her, dessen Gefäß von den festen Stoffen mehr zusammengepreßt werde, als vorher von den flüßigen.

Man sieht, daß dieses geradezu auf ganz andere Vorstellungen vom Feuer führt, bey denen freylich der Begrif von gebundener Wärme nicht statt finden würde. Inzwischen ist diese Vorstellungsart immer nichts weiter als Hypothese, und beym Hauptversuche, auf den sich alles übrige gründen soll, wird etwas offenbar falsches angenommen, daß nemlich heisses Wasser mit Eis umgerührt, eben so viel Wärme an Gefäß und Luft verliere, als heisses Wasser allein. Ueberdies haben ja die Experimentatoren auf den Verlust, den die Mischungen durchs Gefäß und die Luft leiden, schon vorher Rücksicht genommen, ehe sie aus ihren Versuchen specifische Wärmen berechnet haben. Mir scheint also das angeführte noch keinesweges hinreichend, die Begriffe von specifischer und gebundener Wärme verwerflich zu machen.

Lichtenberg in Errlebens Anfangsgr. der Naturlehre. 4te Aufl. §. 494 h. u. f.

Baader vom Wärmestoff. Wien u. Leipz. 1786. 4. I. B. XI. XII. S. 103 u. f.

Gren Grundriß der Naturlehre, §. 410 u. f.

Wärme, thierische, Calor animalis s. vitalis, *Chaleur animale.* Die sogenannten warmblütigen Thiere bringen, so lang sie leben, aus sich selbst fühlbare Wärme hervor, und ihre Körper, wenigstens deren innere Theile, erhalten sich dadurch immer auf einem gewissen Grade, der die Temperatur des umgebenden Mittels übersteigt. Zu den warmblütigen Thieren gehören auser dem menschlichen

Digitized by Google

Körper, alle Säugthiere und Vögel; in einem weit geringern, oft kaum merklichen, Grade die Amphibien und Fische, die man daher schon kaltblütig nennt; die Insekten und Gewürme nehmen ganz die Temperatur der Atmosphäre an, wiewohl die Biene hievon eine Ausnahme macht.

Diese thierische Wärme hat ihren eigentlichen Sitz im Blute, und wird nur durch den Umlauf desselben den übrigen Theilen mitgetheilt. Die Glieder, deren Pulsadern man unterbindet, werden kalt, und in Krankheiten, die den Pulsschlag unterbrechen, ist der Stillstand des Blutes jederzeit mit Kälte der äussern Theile verknüpft. Röthe der Theile ist immer mit Wärme, Bleiche mit Kälte begleitet, und im todten Körper erkaltet der Rücken zuletzt, weil dahin das meiste Blut durch sein Gewicht zusammengeführt wird.

Im gesunden menschlichen Körper ist die Wärme des Bluts nach den besten Beobachtungen von **Brisson** 32½ Grad des reaumürischen Weingeistthermometers (s. **Thermometer** S. 342), welches nach **de Lüc** (S. 320) mit 29, 9 Grad am Queckſilberthermometer von 80 Graden, oder mit 99¼ nach Fahrenheit, übereinstimmt. Auch **Martine** (Diſſ. ſur la chaleur) giebt aus wiederholten Beobachtungen 99 fahrenh. Grade an. Ohne nun auf die hohen Grade der Kälte zu sehen, die in strengen Wintern in Sibirien sollen statt gefunden haben, deren Angaben aber verdächtig sind (s. **Kälte**, Th. II. S. 705), erträgt doch der menschliche Körper, schon in den gemäßigten Klimaten, die ganz gewöhnliche Veränderung der Temperatur von 86 bis 16 Grad nach Fahrenheit, sehr leicht, und ohne merkliche Abänderung seiner Blutwärme.

Nach dem Gesetz der Mittheilung der Wärme muß ein Körper, der bey so großen Abwechselungen des äussern Mittels eine immer gleiche fühlbare Wärme behält, gerade so viel Wärme aus sich selbst erzeugen, als jedesmal zu Ersetzung des Verlusts, den er durch die Berührung des kältern Mittels leidet, erfordert wird. Ist z. B. die beständige Wärme des menschlichen Bluts 99 Grad, so wird die eigne oder selbsterzeugte Wärme 13 Grad betragen müssen,

Digitized by Google

wenn die Temperatur der Atmosphäre 86 Grad ist; hingegen wird eine Erzeugung von 83 Grad erforderlich seyn, wenn das Thermometer an freyer Luft nur 16 Grad zeigt.

Bey heftigen Graden der Kälte nimmt doch diese innere Wärme nach und nach ab; Menschen und Thiere erfrieren endlich, wenn sie sich einem starken Froste allzulang und zu unvorsichtig aussetzen. Dennoch erhält sich die ganze lebende Schöpfung in Ländern, wo bisweilen die Kälte wenigstens den Gefrierpunkt des Queckſilbers, oder — 40 erreicht. Und wenn hiebey die Blutwärme nicht ganz auf ihren gewöhnlichen 99 Graden bleibt, so wird man sie doch nicht unter 92 Grad finden: daß also hiebey noch eine Erzeugung von wenigstens 132 Grad innerer Wärme statt finden muß.

Ueber hohe Grade der Hitze, welche Menschen auszuhalten vermögen, hat **Blagden** (Philos. Trans. Vol. LXV. P. I. num. 12.) merkwürdige Versuche von **Fordyce, Banks** und **Solander** bekannt gemacht, nachdem schon vorher **Tiller** gefunden hatte, daß Menschen in einer bis zum Siedpunkte erhitzten Luft eine Viertelstunde lang ausdauern können (Mém. de Paris. 1764). **Fordyce** ließ Zimmer durch heisse Wasserdämpfe erhitzen, und hielt im bloßen Hemde und hölzernen Schuhen 5 Min. lang in 90 Grad, hierauf 10 Min. in 110 Grad, und dann noch 20 Min. lang in 120 Grad Hitze aus. Hiebey stand ein Thermometer unter seiner Zunge oder in seiner Hand auf 100 Grad, und dies war auch die Wärme seines Harns. Der Puls machte 145 Schläge in einer Minute, die Adern waren sehr aufgelaufen und der Körper roth. Bey einem andern Versuche hielt er 15 Min. in 119 Grad, und dann 15 Min. in 130 Grad Hitze aus; seine eigne Wärme stieg immer nicht höher, als 100 Grad. In einem nicht durch siedendes Wasser, sondern durch einen eisernen Ofen geheizten Zimmer hielt eine ganze Gesellschaft 20 Min. lang aus, obgleich die Hitze 150 Grad erreichte, und man die Kleider nicht abgelegt hatte. Nachher ertrug man 198 Grad zehn Minuten lang. D. **Solander** ertrug ferner 210, **Banks** 211 Grade 7 Min. lang. Der letztere getraute sich, eine

Digitized by Google

noch größere Hitze aushalten zu können, ob er gleich Weingeist nur 130, Oel 129, Waſſer 123, Queckſilber 117 Grade heiß ertragen konnte. In den Zimmern konnte niemand ſeine Uhrkette vor Hitze berühren; aber die Kleidung machte eher die Hitze erträglich, und hielt ſie in etwas vom Körper ab. Ein großer Theil des Wunderbaren bey dieſen Verſuchen erklärt ſich daraus, daß die Luft ein ſchlechter Leiter der Wärme iſt; daher ihre Berührung dem Körper bey weitem nicht ſo ſchnell Wärme giebt oder entzieht, als die Berührung des gleich heiſſen oder gleichkalten Waſſers, Queckſilbers u. ſ. w. Dennoch glaubt Blagden, aus dieſen Verſuchen folgern zu dürfen, daß im thieriſchen Körper nicht blos eine Kraft liege, Wärme zu erzeugen, ſondern auch ein Vermögen, den Ueberſchuß von Wärme zu zerſtören, und überhaupt einen unveränderlichen Grad fühlbarer Wärme zu unterhalten.

Die vom Herzen entferntern Theile, in welchen die Menge des Bluts geringer und ſein Umlauf langſamer iſt, weichen von dieſem beſtändigen Grade am meiſten ab, und nehmen den Einfluß der äuſſern Temperatur ſchneller und ſtärker an. Schon bey mäßiger Kälte erſtarren Hände, Füße, Ohren, das Geſicht u. ſ. f., wenn die Wärme der innern Theile noch immer unverändert bleibt.

Auch Krankheiten können dieſen ſonſt beſtändigen Grad der Blutwärme ändern; aber der Unterſchied iſt nie beträchtlich, und ſelbſt die ſtärkſte Fieberhitze ſteigt nach den Beobachtungen des D. Martine nicht über 105 — 108 Grad.

Ueber den Urſprung dieſer thieriſchen Wärme ſind nun die Meinungen der Aerzte und Naturforſcher ſehr verſchieden geweſen. Die Alten machten die Sache ſehr kurz ab, indem ſie dem Herzen eine natürliche Wärme (calorem innatum, *Hippocr.* de Diaeta L. I. & in tract. De corde. *Galen.* de uſu part. L. VII. c. 9. 21. de temperamentis II. 3.) beylegten, welche das Blut erhitze, ohne ihren Urſprung weiter zu unterſuchen. Auch Descartes (De homine p. 5. De format. foetus. p. 197.), ſo wenig er

ſonſt der alten Irrthümer ſchont, nahm noch immer dieſe angebohrne Wärme (calorem inſitum) des Herzens an.

Inzwiſchen hatte die chymiſche Schule angefangen, die Wärme des Bluts von Effervescenzen oder Gährungen herzuleiten. So ſahe van Helmont die Miſchung des Schwefels mit dem flüchtigen Salze, Sylvius die Miſchung des dem Körper eigenthümlichen urinöſen Bluts mit der Säure des Nahrungsſafts, als Urſache eines mit Hitze begleiteten Aufbrauſens an. Viele andere haben auf mancherley Weiſe ſaure und alkaliſche Subſtanzen im Blute zuſammenzubringen geſucht, um daraus ein beſtändiges Brauſen deſſelben herzuleiten. Homberg (Mem. de Paris. 1709.) ſucht den Einwurf, daß man gleichwohl kein ſolches Brauſen des Bluts bemerke, durch Verſuche zu heben, welche beweiſen, daß das Brauſen bey manchen Miſchungen erſt beym Zutritte der Luft bemerklich wird. Cromwell Mortimer (Philoſ. Trans. num. 467. überſ. im Hamburg. Magazin B. I. S. 291 — 300.) glaubt, es werde durch die Gährung Luft aus dem Blute entwickelt, welche das Feuer in Bewegung ſetze. Hamberger (Phyſiologia medica. Jen. 1751. 4. p. 24.) leitet die Wärme des Bluts von der Auflöſung ſeiner ſchwefelartigen Theilchen durch die laugenartigen her, und bringt ſie in Verbindung mit den Wärmeerzeugungen im Taubenmiſt, feuchten Heu, Lumpen u. ſ. w. deren mehrere in dem Artikel Selbſtentzündungen erwähnt werden. Auf ähnliche Art haben einige engliſche Aerzte die Wärme des Bluts von dem beſtändigen Hange deſſelben zur Fäulniß ableiten wollen. Gegen alle dieſe Erklärungen iſt es genug, zu bemerken, daß die Beobachtungen kein Aufbrauſen im Blute zeigen, daß ſich daſſelbe mit dem Nahrungsſafte ſehr ruhig miſchen läſt, und daß zur Wärmeerzeugung in faulenden Miſchungen ein wirklicher Anfang der faulen Gährung erfordert wird, welchen man in dem beſtändig bewegten Blute nicht annehmen kan.

Die mechaniſche Schule hingegen glaubte den Urſprung der thieriſchen Wärme in der Bewegung des Bluts und in dem dadurch entſtehenden Reiben zu finden. Dieſe Er-

Digitized by Google

klärung haben insonderheit Boerhaave (Instit. rei medicæ) und Georg Martine (De animalibus similibus et animalium calore Libri II. Lond. 1740. 8.) ausgeführt. Man berief sich darauf, daß Bewegung stets mehr Wärme erzeuge, und im strengen Froste das einzige Mittel bleibe, dem Tode zu entgehen; daß der schnellere Pulsschlag allezeit mit mehr Wärme begleitet sey; daß die Wärme durch mehrere Festigkeit und Dichte der Gefäße zunehme, z. B. bey Erwachsenen größer, als bey Kindern, sey; daß Alter und Krankheiten, welche den Pulsschlag vermindern, stets auch Kälte erregen; daß in erstarrten Körpern die Wärme sogleich wiederkomme, wenn durch irgend einen Reiz die Bewegung des Herzens und der Kreislauf des Bluts wieder verstärkt werde u. s. w. Man schloß hieraus, die Wärme verhalte sich direct, wie die Geschwindigkeit des Bluts und umgekehrt, wie der Durchmesser der Gefäße. Dadurch ward erklärt, warum die Wärme in den verschiedenen Theilen des Körpers fast einerley sey, weil in den größern Gefäßen größere Geschwindigkeit mit weniger Reibung, in den kleinern hingegen geringere Geschwindigkeit mit mehr Reibung verbunden sey: ingleichen, warum kleine Thiere eben so warm sind, als große, weil sich die gleichgroßen Blutkügelchen in den engern Gefäßen der kleinern Thiere stärker reiben müsten, u. s. w.

Es sind aber Geschwindigkeit und Reibung des Bluts offenbar zu schwach, die thierische Wärme hinreichend zu erklären. Wenn auch das Blut in einer Secunde 2¾ Schuh zurücklegt, so wissen wir doch, daß Wasser und andere Flüssigkeiten sich gar nicht erwärmen, wenn sie gleich mit weit größerer Geschwindigkeit und stärkerer Reibung durch feste Canäle getrieben werden. Die Wärme folgt auch nicht dem Verhältniße der Pulsgeschwindigkeit. Wenn in der Fieberhitze die Zahl der Pulsschläge in einer Minute von 70 bis 130 steigt, mithin fast doppelt so groß wird, so steigt die Wärme doch nur von 99 bis 108 Grad, also in einem sehr geringen Verhältniße. In den hohen Graden der Hitze, welche Banks und Solander ertrugen, stieg die Anzahl der Pulsschläge auf 136 bis 144, ohne sonderliche Verstär-

Digitized by Google

kung der innern Wärme des Körpers. Die praktischen Aerzte haben bey Fiebern sogar geringere Wärme bey mehrern Pulsschlägen bemerkt (s. Anton Rolandson Märtin thermometrische Bemerk. über die Wärme im menschlichen Körper, in den schwed. Abhandl. B. XXVI. S. 299 u. f. auch *de Haen* Rat. medendi To. II. p. 163. 164). In paralytischen Gliedern findet sich oft bey ganz gewöhnlichem Pulsschlage eine auffallende Kälte. Hunter (Philos. Trans. Vol. LXV. P. 2. num. 43.) schließt auch aus seinen Versuchen über das Erfrieren der Thiere, daß die thierische Wärme ihren Grund nicht in dem Kreislaufe des Bluts haben könne, weil auch solche Thiere der Kälte widerstehen, in welchen kein Kreislauf statt findet.

Der schottländische Arzt, Robert Douglas (Essay concerning the generation of heat in animals. Essai sur la generation de la chaleur des animaux, trad. de l'Angl. à Paris, 1751. 8.) erklärt die thierische Wärme aus der Reibung der Blutkügelchen in den feinsten haarröhrenartigen Blutgefäßen, deren Weite geringer, als der Durchmesser der Kügelchen ist. Er giebt diesem System ein sehr demonstratives Ansehen, und sucht besonders daraus begreiflich zu machen, warum die Temperatur des Bluts eine unveränderliche Größe sey, und bey großer Wärme der äussern Luft fast gar keine, in der Kälte hingegen sehr viel innere Wärme erzeugt werde. Nemlich durch äussere Wärme werden die feinen Gefäße so stark erweitert, daß die Blutkügelchen ohne Reibung durchgehen, also wenig oder gar keinen Ueberschuß über die äussere Temperatur erzeugen; die Kälte hingegen verengert die Gefäße und vermehrt dadurch das Reiben in eben dem Maaße, in welchem sie strenger wird. Brisson beschäftigt sich sehr mit Widerlegung dieses Systems, und bemerkt richtig, daß die vermeinte Verengerung der Gefäße durch die äussere Kälte eine leere Einbildung sey, weil sich ja die vom Reiben entstandne Blutwärme den Gefäßen augenblicklich mittheilen, und ihren Durchmesser wieder erweitern müste. Auch führt Haller dagegen an, daß bey Fröschen und Fischen die innere Wärme äusserst gering sey, obgleich die Mikroskope zeigen,

Digitized by Google

daß die feinen Gefäße dieser Thiere gerade eng genug sind, um nur ein einziges Kügelchen zu fassen, welches noch dazu eine ovale Gestalt annehmen muß, um durchzukommen, in welchem Falle also die Wärme sehr beträchtlich seyn müste, wenn sie von dieser Ursache herkäme.

John Caverhill (Experiments on the cause of heat in living animals and the velocity of the nervous fluid. Lond. 1770. 8.) leitet die Wärme von der Wirkung der Nerven her. Er fand durch Verletzung des Rückenmarks bey einem Caninchen den Puls geschwächt und die Wärme beträchtlich vermindert. Diese Versuche beweisen jedoch nichts weiter, als daß durch solche Lähmungen überhaupt alle Phänomene des thierischen Lebens geschwächt werden, ohne zu entscheiden, ob eines dieser Phänomene die unmittelbare Wirkung des andern sey. Auch hat man die Wärme des thierischen Körpers der Elektricität desselben zuschreiben wollen, obgleich gewiß ist, daß viele kaltblütige Thiere weit mehr Elektricität, als die warmblütigen, anzunehmen geschickt sind. Noch andere, z. B. D. Cullen, nehmen in der thierischen Oekonomie ein eignes Principium des Lebens (principium vitale) an, welches die Eigenschaft habe, in verschiedenen Körpern bey einerley Geschwindigkeit des Bluts eine verschiedene Wärme hervorzubringen. Diese Ableitung von einem Princip, das mit keiner sonst bekannten Sache Aehnlichkeit hat, kan, da sie weder chymische noch mechanische Mittel angiebt, den Namen einer physikalischen Erklärung nicht verdienen, und ist blos ein verdecktes Geständniß des Nichtwissens.

Den sinnreichen Gedanken, daß alle thierische Wärme durch die Wirkung der Luft beym Athmen, mithin in den Lungen, erzeugt, und von da aus durch den Umlauf des Bluts dem ganzen übrigen Körper mitgetheilt werde, hat Stahl (Theor. medica. p. 288.) mit der Bemerkung geäußert, daß er ihm schon seit dem Jahre 1684 eigenthümlich zugehöre. Man machte nachher die Beobachtung, daß alle warmblütigen Thiere mit vollkommnen Lungen, und die Vögel, als die wärmsten, mit vorzüglich großen Lungen athmen, und daß alles, was die Respiration be-

Digitized by Google

ſchleuniget, zugleich auch die Wärme des Körpers befördert, ſ. Athmen (Th. I. S. 152). Schon mehrere Aerzte, beſonders Boerhaave, Hales und Arbuthnot hatten geglaubt, daß das Blut in den Lungen verdichtet und erwärmt werde; auch hatte bereits D. Black ſeine Theorie der thieriſchen Wärme auf die Reſpiration gegründet, als Prieſtley im Jahre 1774 entdeckte, daß die ausgeathmete Luft unter die phlogiſtiſirten Gasarten gehöre, und hieraus ſchloß, daß das Athmen den brennbaren Stof aus dem Körper ausführe, ſ. Athmen (Th. I. S. 148). Dagegen glaubte Scheele faſt zu gleicher Zeit zu finden, die Luft führe vielmehr Brennbares in den Körper ein.

D. Leslie (A philoſophical Inquiry into the cauſe of animal heat. London and Edinb. 1778. 8.) trug damals ein Syſtem vor, für deſſen Urheber er den D. Duncan in Edinburg angiebt, ob man gleich ähnliche Gedanken ſchon in D. Franklins Schriften und in Mortimers oben angeführtem Aufſatze (Philoſ. Trans. num. 467.) finde. Nach dieſem Syſtem ſoll die Wirkung der Blutgefäße aus allen Theilen der thieriſchen Maſchine allmählig Phlogiſton entwickeln, und durch dieſe Entwickelung Wärme erzeugen. Leslie gründet ſich vornehmlich darauf, daß das Phlogiſton ein Hauptbeſtandtheil aller Nahrungsmittel, im Blute unbezweifelt vorhanden, und die Urſache der Farbe deſſelben, ſo wie der Farbe und des Geſchmacks der Galle ſey; daß der Nahrungsſaft roth werde, ſo bald er nur kurze Zeit der Wirkung der Blutgefäße ausgeſetzt geweſen ſey; daß bey den verſchiedenen Arten Wärme zu erregen, immer Phlogiſton entbunden werde u. ſ. w. Endlich ſucht er den von Blagden angenommenen Satz, daß der thieriſche Körper in hohen Graden der Hitze das Uebermaaß derſelben zerſtöre, oder Kälte hervorbringe, zu widerlegen, und erklärt die Beſtändigkeit der Wärme bey verſchiedenen äuſſern Temperaturen, durch die kühlende Wirkung der verſtärkten Ausdünſtung in der Hitze, und durch den Reiz und die toniſche Wirkung der Luft auf die Fibern in der Kälte.

Weit ſinnreicher benutzte D. Crawford (Exp. and obſerv. on animal heat etc. London, 1779. 8.) die neuen

Entdeckungen, die er zugleich mit einer eignen schönen Experimentalunterſuchung verband. Seine Verſuche über die comparativen Wärmen der Nahrungsmittel, des Bluts und der Luftgattungen (ſ. Wärme, ſpecifiſche) lehrten, daß die meiſten Nahrungsmittel weniger Capacität für die Wärme beſitzen, als das aus ihnen entſtehende arterióſe Blut; dagegen der eingeathmeten reſpirablen Luft mehr Capacität, als der ausgeathmeten, zukömmt. Dies leitete ihn auf den Gedanken, daß das Blut beym Proceſſe des Athemholens Wärme aus der Luft einſchlucke, ſo wie nach ſeinem ſich viel weiter erſtreckenden Syſtem die Hitze bey der Verbrennung und andern phlogiſtiſchen Proceſſen gleichfalls der verminderten Capacität der Luft und der dadurch frey gewordenen Wärme zugeſchrieben wird, ſ. Feuer, Verbrennung. Er hat inzwiſchen in der neuern Ausgabe ſeines Werks (London, 1788. 8. überſ. durch Veranſtaltung Herrn Crells. Leipz. 1789. 8.) einiges abgeändert, und ich werde hier den Theil, der die thieriſche Wärme betrift, dieſen Abänderungen gemäß ſo vortragen, wie ihn Herr Gren (Journal der Phyſik, 1790. Erſtes Heft, S. 17 u. f.) darſtellt.

Durch die Veränderung, welche der reſpirable Theil der Luft in den Lungen leidet, wird die Menge ſeiner abſoluten Wärme faſt in eben dem Verhältniße vermindert, in welchem ſeine Fähigkeit zu Erhaltung des thieriſchen Lebens abnimmt. Dieſe Veränderung erfolgt durch Verbindung der reinen Luft mit dem vom Blute abgeſchiedenen Brennſtof, und beſteht darinn, daß faſt $\frac{1}{5}$ der reinen Luft in Waſſerdampf, und das übrige in fixe Luft verwandlet wird. Da nun die comparative Wärme der reinen Luft $4\frac{3}{4}$, die des Waſſerdampfs und der fixen Luft aber nur $1\frac{1}{2}$ und $1\frac{1}{20}$ iſt, ſo folgt, daß die ausgeathmete Luft kaum $\frac{1}{4} - \frac{1}{3}$ derjenigen Wärme behalte, die ſie vor dem Einathmen faßte, daß ſie alſo den gröſten Theil dieſer Wärme in den Lungen zurücklaſſe.

In einem Verſuche mit dem arterióſen und venóſen Blute, wovon jenes aus der Carotis, dieſes aus der Droſſelader eines Schafes abgezapft war, fand C. die comparati-

ven Wärmen beyder (ſ. die Tabelle beym Worte Wärme, ſpecifiſche) im Verhältniße 23 : 20, und aus mehrern Verſuchen mit Blute von Hunden im Verhältniße 114 : 110. Da nach dieſen Angaben das Blut, das aus der Lungenblutader zum Herzen zurückſtrömt, eine größere Capacität beſitzt, mithin auch eine größere Menge abſoluter Wärme faßt, ſo muß es bey ſeinem Durchgange durch die Lungen Wärme in ſich nehmen. Dies iſt nun eben die Wärme, welche die Luft in den Lungen zurückließ, und die ſolchergeſtalt aus der Luft ins Blut übergeführt wird.

Es wird in dieſem Syſtem angenommen, daß die Verbindung mit Phlogiſton die Capacität der Körper für die Wärme vermindere, der Verluſt des Phlogiſtons hingegen dieſelbe vermehre, obgleich die neuere Ausgabe der crawfordiſchen Schrift dieſen Satz anders, und mehr nach dem Sinne der Antiphlogiſtiker ausdrückt. So hängt nun die thieriſche Wärme von einem Proceſſe ab, der einer chymiſchen Wahlanziehung ähnlich iſt. Die mit einer großen Menge von Wärmeſtof verſehene reine Luft wird in die Lungen eingezogen, eben dahin kömmt das Blut aus den äuſſerſten Enden der Gefäße mit dem brennbaren Grundſtoffe verſehen zurück. Dieſer verläßt das Blut, um ſich mit der Luft zu verbinden, zu welcher ſeine Verwandſchaft größer iſt. Durch dieſe Phlogiſtication vermindert ſich die Capacität der Luft, welche folglich den gröſten Theil ihres Wärmeſtofs abſetzt, den dagegen das Blut aufnimmt, deſſen Ueberſchuß aber allezeit eine ſtarke fühlbare Wärme unterhält. Das arteriöſe Blut wird nun bey ſeinem Durchgange durch die Haarröhrchen wieder mit dem brennbaren Stoffe angeſchwängert, folglich ſeine Capacität für die Wärme vermindert. Es muß daher beym Kreislaufe die Wärme, die es in den Lungen erhalten hatte, nach und nach wieder abſetzen und über das ganze Syſtem verbreiten. Uebrigens erklärt Crawford (Philoſ. Trans. Vol. LXXI. P. 2.) das Gleichgewicht der thieriſchen Wärme, und das anſcheinende Vermögen, in großen Graden der Hitze die Wärme zu vermindern, faſt eben ſo, wie Leslie.

Digitized by Google

Diese Erklärung der thierischen Wärme ward mit grossem Beyfall aufgenommen, zumal da nach der ersten Ausgabe des Werks die gemeine Luft 69 mal mehr Capacität, als die fixe, besitzen sollte, welches dem damals gemachten Ueberschlage über die Menge der von ihr abgesetzten Wärme eine auffallende Wahrscheinlichkeit gab. Nach den neuern Bestimmungen aber ist dieses Verhältniß über alle Maaße herabgesetzt worden, indem selbst der reinsten Luft nur etwa $4\frac{4}{7}$, und der gemeinen nur $1\frac{3}{7}$ mal mehr Capacität, als der fixen, zugeschrieben wird.

Ich habe einige starke Gründe, mit welchen das crawfordische System überhaupt von den Herren **de Lüc**, **Gren** u. a. bestritten worden ist, bereits bey den Worten **Feuer** (Th. II. S. 227 u. 230), **Verbrennung**, **Wärme**, **specifische**, angegeben. Wichtige Zweifel dagegen hat auch **Eduard Fryer** (Diss. de vita animantium et vegetantium. Lugd. Bat. 1785. 8.) erhoben. Was sich gegen die Theorie der thierischen Wärme insbesondere einwenden läst, ist folgendes. Wenn man auch den Schluß von der durch Versuche mit Mengungen bestimmten Capacität oder comparativen Wärme der Körper auf die Menge ihrer absoluten Wärme als richtig zugiebt, so ist doch gewiß, daß die Resultate solcher Versuche unrichtig werden, wenn die dabey vermengten Stoffe einander auflösen oder verdicken, wodurch sich ihre Capacitäten offenbar während des Versuches ändern, s. **Wärme, specifische**. Da nun dies der Fall ist, wenn mehlige Samen, Fleisch, Blut u. s. w. mit Wasser vermischt werden, so kan man die durch solche Versuche bestimmten Capacitäten und absoluten Wärmen der Nahrungsmittel und des Bluts nicht als richtig bestimmt ansehen. Was die Luftgattungen betrift, so sind ihre Capacitäten durch sehr geringe Veränderungen der Temperatur gesucht, welche nicht über $\frac{1}{10}$ fahrenheit. Grad betragen, und die ungemein große Abweichung der neuern Bestimmungen von den ältern macht ihre Zuverläßigkeit nicht wenig verdächtig. Die Bestimmung der Capacität des Wasserdampfs gründet sich auf ein sehr zusammengesetztes Verfahren, wobey es als ausgemacht angenommen

Digitized by Google

wird, daß der Wasserdampf aus reiner und brennbarer Luft bestehe, und daß man die beym Verbrennen entstehende Hitze zum Maaße der comparativen Wärme brauchen könne, welches alles noch wichtigen Zweifeln unterworfen ist. Ueberdies ist es nicht entschieden, ob die beym Ausathmen erscheinende fixe Luft durch ihre Verbindung mit Phlogiston aus der reinen Luft entstehe, oder ob sie ein Educt aus dem thierischen Körper und seinen Theilen sey. Mithin beruhen alle diese Hauptsätze des Systems auf sehr unsichern Gründen.

Den Einwurf, daß die geglaubte Menge absoluter Wärme in der reinen Luft sehr zusammenschwinde, wenn man sie mit der comparativen Wärme des Wassers, nicht bey gleichen Gewichten, sondern unter gleichen Räumen, vergleiche, würde ich doch gegen Crawford nicht brauchen. Es ist wahr, daß sie dann gegen das Wasser von $4\frac{1}{4}$ bis auf $\frac{1}{1\,0\,8}$ herabsinkt; aber die Wärmen der fixen Luft und des Dampfs sinken alsdann fast in eben dem Verhältnisse herab, und stehen gegen die Wärme der reinen Luft wenig anders, als vorher bey gleichen Massen.

Dagegen ist der allgemeine Satz, daß jede Verbindung mit Phlogiston die Capacität oder Menge der absoluten Wärme vermindere, keinesweges erwiesen, und selbst nach Crawfords Versuchen beträchtlichen Ausnahmen unterworfen, s. Wärme, specifische. Auch müsten nach diesem Satze die Theile des Körpers, welche ihr Phlogiston an das Blut abgeben, dadurch eine größere Capacität erlangen, und die Wärme, welche das Blut fahren läst, so verschlucken, daß keine fühlbare Wärme mehr übrig bliebe. Nimmt man endlich mit Herrn Gren an, daß beym Ausathmen die fixe Luft und der Wasserdampf aus dem Körper kommen, und die Luft- und Dampfform erst durch die Operation des Athmens erhalten, so wird eine sehr große Menge freyer Wärme bey Hervorbringung dieser Formen verlohren gehen, welches die Entstehung und Unterhaltung der fühlbaren Wärme durchs Athmen eher unwahrscheinlich macht.

Herr Gren (Journal der Physik 1790. 2tes Heft, S. 196.) zieht daher noch immer die Behauptung vor, daß die

Verdauung der Nahrungsmittel, nebst den übrigen Mischungsveränderungen der Säfte beym Kreislaufe und den Secretionen eben so Wärme entwickle, wie in unzählbaren Fällen, auch ausser dem thierischen Körper, durch Auflösungen, Mischungen, Gährung organischer Stoffe u. s. w. Wärme entbunden wird. Er glaubt, wer in der Kälte seinen Magen mit einem guten Vorrathe zu verdauender Speisen versehen habe, werde der Kälte weit eher und länger Trotz bieten können, als wenn er bey leerem Magen noch so viel athmen, und die Quelle der Wärme in der eingesognen Luft suchen wollte.

Edward Rigby (Eſlay on the theory of the production of animal heat etc. London, 1785. 8.) läst die Wärme der Thiere theils durch die Lungen aus der gemeinen Luft, theils aber auch hauptsächlich durch die Verdauung im Magen und übrigen Speisecanal aus den zersetzten Nahrungsmitteln entstehen. Er führt an, beym Verdauen werde eben so Wärme entbunden, wie beym Gähren, Faulen, Keimen der Samen, und andern chymischen Veränderungen der thierischen und vegetabilischen Stoffe. Daß der Magen der Sitz einer beträchtlichen Wärme sey, beweise schon das Gefühl der Wärme in der Gegend desselben. Der Magen erzeuge die Wärme; durch die Haut gehe sie wieder verlohren: man genieße daher in heissen Gegenden oder im Sommer überhaupt weniger, oder doch weniger substantielle Nahrung, als in kalten Ländern oder im Winter; auch sey aus diesem Grunde die Eßlust bey arbeitenden und der freyen Luft ausgesetzten Personen stärker, und der Hunger werde durch die Kälte vermehrt. Im gesunden Körper herrsche ein Gleichgewicht zwischen Verlust und Ersatz der Wärme; wenn dieses gestört werde, so entstehen Krankheiten, z. B. Bleichsucht, Schwäche, Kälte, Zusammenschrumpfen von zu wenger Nahrung oder von Unfähigkeit zu verdauen; übermäßige Wärme, Neigung zum Fettwerden und zu Entzündungskrankheiten von zu vieler Nahrung bey guter Verdauung, und von unterdrückter Ausdünstung. Ueberhaupt sey eine Absetzung der Hitze in Fett wahrscheinlich, indem ein Theil des aus den

Nahrungsmitteln entwickelten Wärmeſtofs in gebundenem Zuſtande in den Stof des Körpers aufgenommen, und daraus ein organiſcher Theil gebildet werde, der als Fett oder Zellſtof in der Jugend zum Wachsthum beytrage, im reifern Alter aber die Maſſe erhalte und erneure; der übrige Theil der Wärme bleibe im empfindbaren Zuſtande, und theile ſich in ſolchem der Atmoſphäre mit. Der V. beſtätiget dieſe Theorie noch durch eine Menge Beobachtungen (ſ. Gothaiſches Magazin für das Neuſte aus d. Phyſik und Naturg. IV. B. 4 St. S. 82 u. f.), die den Urſprung der thieriſchen Wärme aus der Verdauung und den Verwandlungen der Säfte überhaupt ſehr wahrſcheinlich machen.

Alb. Halleri de partium corp. hum. fabrica et functionibus. Bernae et Lauſ. 1778. 8. To. IV. L. VI. Sect. III. §. 8. ſqq.

Briſſon Dictionnaire raiſ. de Phyſ. Art. *Chaleur animale.*

Gren Journal der Phyſik. Jahr 1790. 1ſtes u. 2tes Heft, S. 1 u. f. 189 u. f.

Wärmemaaß, ſ. Thermometer.

Wärmemeſſer, **Eisapparat des Lavoiſier und de la Place**, Apparatus glacialis, caloris menſuram exhibens. *Appareil de glace pour meſurer la chaleur.* Die von **Wilke** und **Black** angegebnen Methoden, ſpecifiſche Wärmen der Körper durch Mengung und Beobachtung der Temperatur zu beſtimmen, (ſ. **Wärme ſpecifiſche**), ſind theils in der Ausübung unbequem und unſicher; theils reichen ſie an ſich nicht zu, die Verhältniße der latenten **Wärme** zu beſtimmen, welche bey chymiſchen Verbindungen der Stoffe, bey Veränderungen ihrer Form, beym Athmen, Verbrennen u. ſ. w. entbunden wird. Aus dieſen Gründen fanden ſich die Herren **Lavoiſier** und **de la Place** (Mem. ſur la chaleur in den Mem. de l'acad. roy. des ſc. ann. 1780. Paris, 1783. p. 355 ſqq. überſ. in **Lavoiſier** phyſikaliſch-chemiſchen Schriften von **Weigel**. III. B. Greifsw. 1785. 8. S. 292 u. f.) bewogen, auf ein anderes Maaß des aus den Körpern gehenden Wärmegehalts zu denken. Sie fanden dieſes Maaß auf eine ſehr ſinnrei-

Digitized by Google

che Art in der Menge des Eises, welche die den Körpern entzogne Wärme zu schmelzen vermag.

Zwar hatte schon vorher Herr Wilke (Neue schwed. Abhandl. II. B. 1781.) eben diesen Gedanken geäussert; aber die Schwierigkeit, das vom Schnee abgeschmolzne Wasser genau zu messen, die beträchtliche Zeit, welche dergleichen Versuche erfordern, und die beständige Mittheilung von äusserer Wärme, welche der Schnee durch die Luft und die umgebenden Körper erhält, hatten ihn bewogen, wieder zu der Methode der Mengungen zurückzukehren.

Lavoisier und de la Place fanden Mittel, einem großen Theile dieser Schwierigkeiten abzuhelfen. Man stelle sich vor, der zu untersuchende Körper liege in einer hohlen Eiskugel, und die Temperatur der äussern Luft sey nur nicht unter Null; so wird die Eiskugel, welche man von beliebiger Dicke annehmen kan, keine Wärme von der äussern Luft durchleiten; indem alle ihr von aussen mitgetheilte Wärme verwendet wird, um die äussern Lagen des Eises zu schmelzen. So ist also der zu untersuchende Körper den Einwirkungen der umgebenden Luft ganz entzogen. Man braucht also nur noch das von aussen abgeschmolzene Wasser von dem, das aus dem Innern der Kugel kömmt, genau abzusondern, so wird das letztere, welches durch die dem Körper entzogne fühlbare Wärme geschmolzen ist, einen der Menge dieser Wärme stets proportionalen Ausdruck geben.

Zween Massen a und b, von den Temperaturen m und n, werden, eine nach der andern, in die Eiskugel gebracht, und so lang darinn gelassen, bis sie auf o erkaltet sind. Sie schmelzen dabey die Mengen Eis A und B. Man fragt, wie sich ihre specifischen Wärmen α und β (d. i. die Mengen, welche sie bey gleichen Massen und gleichen Temperaturen während der Erkältung geschmolzen haben würden) verhalten

Aufl. Es ist $A : B = \alpha : \beta$ für $a = b$; $m = n$

$A : B = m : n$ für $a = b$; $\alpha = \beta$

$A : B = a : b$ für $m = n$; $\alpha = \beta$

Digitized by Google

also $A : B = \alpha am : \beta bn$

d. i. weil jeder Körper desto mehr Eis schmelzt, je mehr er Masse hat, je höher seine fühlbare Wärme über Null ansteigt, und je mehr er Wärmestof bey gleicher Verminderung der fühlbaren Wärme absetzt, so sind die geschmolzenen Eismengen im zusammengesetzten Verhältniße der Massen, Temperaturen (über dem Eispunkte) und specifischen Wärmen. Hieraus folgt

$$\alpha : \beta = \frac{A}{am} : \frac{B}{bn}.$$

Läst man also die Masse b einmal für immer Wasser bedeuten, dessen specifische Wärme $\beta = 1$ ist, und das bey 60 Grad Temperatur (nach Reaumur) eine gleichgroße Eismasse schmelzt, so ist $n = 60$; $B = b$; mithin

$$\alpha = \frac{60. A}{am}.$$

Ex. 7,707 Pfund Eisenblech, 78 Grad warm, haben 1,102 Pfund Eis geschmolzen. Hieraus findet sich die specifische Wärme des Eisenblechs $= \frac{60. 1,102}{7,707. 78} = \frac{11,02}{100,19}$ $= 0,10999$.

Flüßige Materien kan man in Gefäße einschließen, deren specifische Wärme und Masse bekannt ist. So wird das Verfahren das nemliche seyn; nur wird man von der geschmolzenen Wassermenge so viel abziehen müssen, als durch die Erkältung des Gefäßes allein geschmolzen ist. Es heisse des Gefäßes Masse c; seine specifische Wärme γ; die Temperatur, zu welcher das Gefäß mit der darinn befindlichen Flüßigkeit gebracht ist, m; so wird die durch Erkaltung des Gefäßes allein geschmolzene Wassermenge $= \frac{cm\gamma}{60}$ seyn. Heißt nun die Menge des sämmtlichen geschmolzenen Wassers C, so hat man

$$A = C - \frac{cm\gamma}{60}, \text{ und}$$

$$\alpha = \frac{60A}{am} = \frac{60.C - cm\gamma}{am}$$

Ex. 4 Pfund Salpetersäure in einem gläsernen $\frac{17}{24}$ Pf. schweren Kolben, zusammen 80 Grad warm, im Eisapparat bis o abgekühlt, haben 3,6640625 Pfund Eis geschmelzt; die specifische Wärme des Glases ist = o,1929. So giebt die Formel die specifische Wärme der Salpetersäure oder

$$\alpha = \frac{60.\ 3,6640625 - \frac{17}{24}.\ 80.\ 0,1929}{4.\ 80} = 0,661391.$$

Um die Wärme zu bestimmen, welche bey chymischen Verbindungen gewisser Stoffe entbunden wird, bringt man diese Stoffe, nebst dem Gefäße, das sie enthalten soll, sämmtlich zur Temperatur o, vermengt sie alsdann in der Eiskugel, wo sie sich erwärmen, und bis zu ihrer Wiedererkaltung auf o eine Wassermenge schmelzen, welche das Maaß der entbundenen Wärme ist. Die scharfsinnigen Erfinder dieser Methode haben auch Formeln angegeben, nach welchen man den bey gewissen Verbindungen bewirkten Grad der Kälte, ingleichen das Maaß derjenigen Wärme finden kan, welche die Körper bey ihrer Schmelzung binden, und bey ihrem Gestehen wieder frey lassen. Hier könnten diese Formeln ohne allzugroße Weitläuftigkeit nicht beygebracht werden, daher ich ihrentwegen auf den angeführten Aufsatz der Verfasser selbst verweise. Noch schöner und in einer netten Kürze findet man alle diese Formeln bey Baader (Vom Wärmestof S. 176 u. f.). wo ihnen Herr Tätzel, Professer der Mathematik und Physik in München, eine sehr bequeme Einrichtung gegeben hat.

Zu Bestimmung der Wärme, welche das Verbrennen und Athmen entwickeln, wird man Körper in der Eiskugel verbrennen und Thiere darinn athmen lassen, hiebey aber zu Erneurung der Luft eine Gemeinschaft zwischen dem innern Raume und der Atmosphäre unterhalten, aus welchem Grunde denn die Temperatur der äussern Luft zur Zeit solcher Versuche = o, oder doch wenig davon unterschieden

seyn muß, wenn sie keinen Fehler in die Resultate bringen soll.

Bey Untersuchung der specifischen Wärme der Gasarten würde man, wegen ihrer geringen Dichte, viel zu wenig geschmolzenes Eis erhalten, wenn man sich begnügte, sie blos, wie andere Flüßigkeiten, in Gefäße einzuschließen. Die Erfinder schlagen daher vor, eine spiralförmig gewundene Röhre in die Kugel zu stellen, darinn einen Luftstrom zu bewirken, und durch zwey Thermometer, welche in diesen Strom bey seinem Ein- und Austritte in das Innere der Kugel gestellt würden, die Zahl der Grade zu messen, um welche die Luft bey ihrem Durchgange abgekühlt wird. So würde man eine beträchtliche Menge Luft von bekannter Masse abkühlen, und die Grade der Abkühlung mit dem Gewichte des geschmolzenen Wassers vergleichen können.

Die bisher supponirte Eiskugel ist nur darum angenommen worden, um die Allgemeinheit der Methode in der Kürze zu übersehen. Da es schwer halten würde, sich solche Kugeln wirklich zu verschaffen, so substituiren die Verfasser dafür folgenden **Eisapparat.**

Der innere Raum einer Maschine von verzinntem Eisenblech ist in drey Fächer getheilt, ein inneres, mittleres und äusseres, welche ringsum einander umschließen. Das innere Fach wird durch ein Gitter von Eisendrath begrenzt, welches von einigen eisernen Füßen getragen wird; damit man es öfnen könne, hat es einen Deckel, der oben ganz offen ist, und dessen Boden aus einem Drathnetze besteht. Dieser Deckel läst sich abheben, und so kan man den zu untersuchenden Körper in den innern Raum des Fachs einlegen.

Das mittlere Fach enthält das Eis, welches durch die Wärme des Körpers geschmolzen wird. Dieses Eis wird von einem Roste getragen, unter welchem ein Sieb befindlich ist; das abfließende Wasser läuft durch dieses Sieb in eine Röhre mit einem Hahne, durch den man es in ein untergestelltes Geschirr auslassen kan. Das äussere Fach endlich ist zur Aufnahme desjenigen Eises bestimmt, das die Wärme der Luft und der umgebenden Körper abhalten soll;

das Waſſer, ſo davon abthaut, fließt in ein beſonderes mit einem Hahne verſehenes Rohr. Sehr weſentlich iſt es hiebey, daß zwiſchen dem mittlern und äuſſern Fache keine Gemeinſchaft ſtatt finde, weil ſonſt das von der äuſſern Wärme geſchmolzene Waſſer mit in die Röhre des mittlern Faches würde laufen können. Die ganze Maſchine iſt noch mit einem Deckel bedeckt, der oben offen iſt, damit man Eis über ſeinen Boden legen könne.

Um den Verſuch anzuſtellen, füllt man das mittlere Fach, den Deckel des innern Fachs, das äuſſere Fach und den Deckel der ganzen Maſchine mit zerſtoßenem Eiſe, wovon beſonders das im mittlern Fache und innern Deckel wohl geſtoßen und ſtark eingedrückt werden muß, läſt alles wohl auslaufen, öfnet die Maſchine, um den zu unterſuchenden Körper hineinzuthun, verſchließt ſie wieder und wartet, bis der Körper völlig erkältet, und alles hinlänglich abgelaufen iſt, worauf man das aus dem mittlern Fache gefloßne Waſſer wiegt. Verſuche dieſer Art währen 15 — 20 Stunden. Die Körper liegen in einem blechernen Eimer oder gläſernen Kölbchen mit einem Korkſtöpſel, durch welchen die Röhre eines kleinen Thermometers geht.

Iſt die Temperatur der äuſſern Luft über Null, ſo kan ſie nicht an das mittlere Fach gelangen, weil ſie von dem Eiſe des äuſſern verzehrt wird: beym Froſte aber würde die kältere Temperatur durch die äuſſere Eislage dringen, daher man alsdann den Verſuch in geheizten Zimmern anſtellen muß. Auch darf die Temperatur des gebrauchten Eiſes nicht unter Null ſeyn. Wenn die äuſſere Luft 9 — 10 Grad warm iſt, ſo geht die kalte Luft des innern Fachs durch die Röhre, die das Waſſer abführt, aus, und die wärmere dringt von auſſen durch den obern Theil der Maſchine ein, und ſchmelzt mehr Eis, als zerfließen ſollte. Dieſen ſchädlichen Luftſtrom hindert man, wenn man den Hahn verſchließt; beſſer iſt es aber, die Verſuche bey einer äuſſern Temperatur von 3 — 4 Grad anzuſtellen.

Bey den Reſultaten ihrer Verſuche haben die Herren Lavoiſier und de la Place die zur Schmelzung des Eiſes erforderliche Wärme = 60 Grad der Scale von 80 Thei-

len, oder = $\frac{3}{4}$ derjenigen Wärme angenommen, welche ein gleiches Gewicht Waſſer vom Eispunkte bis zum Siedpunkte erheben könnte. Nach Wilkes Verſuchen iſt ſie nur 72 Grad der ſchwediſchen (57$\frac{3}{7}$ Reaum.), nach Black 140 der fahrenheitiſchen Scale (62$\frac{2}{9}$ Reaum.) ſ. Wärme, daß alſo die hier angenommene Beſtimmung ziemlich das Mittel hält. Herr Weigel bemerkt, ſelbſt nach Wilkes Verſuchen lieſſe ſich 73 — 74 Grad (58$\frac{2}{7}$ — 59$\frac{1}{7}$ Reaum.) annehmen, und der noch übrige Unterſchied könne vielleicht daher rühren, daß Wilke Schnee, die franzöſiſchen Gelehrten aber Eis gebrauchen.

Auf dieſe Art fanden ſie nun folgende Beſtimmungen eigenthümlicher Wärmen:

Gemeines Waſſer	1
Eiſenblech	0,109985
Kryſtallglas, ohne Bleygehalt . .	0,1929
Queckſilber	0,029
Ungelöſchter Kalk	0,21689
Waſſer u. ungelöſcht. Kalk im Verh. 9:16 .	0,439116
Vitriolöl an eigenth. Gewicht 1,87058 .	0,334597
Vitriolöl und Waſſer im Verh. 4:3 .	0,603162
. . . . . im Verh. 4:5 .	0,663102
Salpeterſäure an eigenth. Gew. 1,29895 .	0,661391
Salpeterſäure u. ungelöſcht. Kalk im Verhältniß 9$\frac{1}{3}$:1	0,61895
Ein Theil Salpeterſ. mit 8 Theilen Waſſer	0,8167

und folgende Mengen Eis, ſo von einem Pfunde der Miſchung zergiengen:

	Pf.	Unz.	Qu.	Gr.
Von Vitriolöl u. Waſſ. im Verh. 4:3 —	14	2	62	
— . . . . im Verh. 4:5 —	12	6	48	
— Waſſer und ungelöſchter Kalk im Verh. 9:16 . .	1	8	3	60
— Salpeterſäure und ungelöſchter Kalk im Verh. 9$\frac{1}{3}$:1 .	1	—	2	—

Digitized by Google

ingleichen folgende Mengen, so durch Verbrennung und thierische Wärme zerschmolzen:

	Pf.	Unz.	Qu.	Gr.
Durch Verpuffung 1 Unze Salpeter mit ½ Unze Kohlen .	—	12	—	—
Durch Verpuffung 1 Unz. Salpeter mit 1 Unz. Schwefelbl.	2	—	—	—
Durch Verbrennung 1 Unz. Phosphorus	6	4	—	48
. . . 1 Unz. Vitriolæther	4	10	2	36
. . . 1 Unze Kohlen	6	2	—	—
Durch die Wärme eines Meerschweinchens (*Cochon d'Inde*, Mus Porcellus *Linn.*) in 10 Stunden . .	—	13	1	13½

Die Erfinder dieser sinnreichen Methoden verlangen selbst nicht, ihre Resultate für etwas mehr zu halten, als für Verhältniße der Unterschiede von Wärmemengen, welche nöthig sind, um die Temperaturen verschiedener Körper durch gleich große Stufen zu erhöhen. Sie erinnern ausdrücklich, daß man noch nicht glauben dürfe, hiedurch etwa Verhältniße der absoluten Wärmemengen gefunden zu haben: auf diese zu schließen, würde nur dann erlaubt seyn, wenn man gewiß wüßte, daß diese Unterschiede durch alle möglichen Stufen der Temperatur in einerley unveränderlichem Verhältniße blieben. Um dieses zu untersuchen, müßte man prüfen, ob die geschmolzenen Eismengen bey einer Abkühlung von 300 — 400 Graden noch in eben dem Verhältniße blieben, in welchem sie bey Abkühlungen von 60 bis 90 Graden stehen u. s. f.

Diese Methode ist also von der Wilkischen und Blackischen nur dadurch unterschieden, daß sie die Verhältniße der Unterschiede des Wärmegehalts auf eine directe Art, durch die unmittelbare Wirkung des ganzen entbundenen Wärmegehalts selbst, suchet, und daher die Veränderungen

der latenten Wärme mit umfasset; dahingegen die Methode der Mengungen diese Unterschiede indirect, durch einen Schluß aus der Fähigkeit auf die wirklich übergegangene Wärme, findet, und daher allemal voraussetzt, daß sich die Fähigkeit während des Versuchs nicht ändere. Vergleicht man die hier angegebnen specifischen Wärmen mit denen, welche durch Mengungen bestimmt in der Tabelle beym Worte **Wärme, specifische**, vorkommen, so findet man doch einige Abweichungen; die Wärme des Queckſilbers, Eisens und ungelöschten Kalks ist dort etwas größer, die des Glases etwas kleiner, als hier, angegeben. Flüßige Materien, die in der Hitze flüßiger werden, mögen wohl dabey mehr latente Wärme aufnehmen, und eine größere Capacität erhalten. Ja wer weiß, ob nicht festen etwas ähnliches wiederfährt, da sie durch die Hitze wenigstens lockerer und biegsamer werden?

De la Place macht einen Versuch, aus der Wärme, welche bey chymischen Vermischungen entbunden wird, auf das Verhältniß der absoluten Wärmemenge des Wassers bey der Temperatur Null, zu der, welche seine Temperatur um 1 Grad erhöhen kan, zu schließen, indem er voraussetzt, daß die freye Wärme vor und nach der Vermischung einerley sey, und daß sich die absoluten Wärmemengen, wie die specifischen, verhalten. So findet er eine Formel, welche die Wärmemenge im Wasser ausdrücken muß, wenn die Menge des durch Abkühlung der Mischung geschmolzenen Eises, ingleichen die gemischten Massen, nebst ihren und der Mischung specifischen Wärmen, bekannt sind. Aber bey der wirklichen Anwendung dieser Formel auf die angestellten Versuche fallen die Werthe der absoluten Wärmemenge im Wasser höchst verschieden aus, und der Versuch der Mischung von Salpetersäure und ungelöschtem Kalk giebt sogar einen negativen, also physisch unmöglichen, Werth. Nun erinnert zwar Herr de la Place, diese Widersprüche könnten von geringen Fehlern in den Versuchen herrühren, für die er nicht einzustehen wage; er scheint aber doch endlich selbst zu vermuthen, daß die wahre Ursache in der Unrichtigkeit der Voraussetzungen liege, und daß also ent-

Digitized by Google

weder die freye Wärme vor und nach der Vermiſchung nicht einerley ſey, oder daß ſich die abſoluten Wärmemengen ganz anders, als die ſpecifiſchen Wärmen, verhalten.

Im übrigen macht zwar dieſer Eisapparat eine der ſinnreichſten Anwendungen der Lehre von ſpecifiſcher und gebundner Wärme aus; aber er erfordert auch eine ſo feine Behandlung und ſo große Genauigkeit, daß man nur unter den Händen ganz vorzüglicher Experimentatoren brauchbare Reſultate von ihm erwarten kan.

Abhandlung von der Wärme, in Lavoiſiers phyſikal. chemiſchen Schriften, a. d. franz. v. Weigel, III. Band, Greifsw. 1785. 8. S. 292 u. f.

Baader vom Wärmeſtoff. Wien und Leipzig 1786. 4. S. 173 u. f.

Wärmeſammler, Condenſator der Wärme, Feuerſammler, Collector ſ. Condenſator caloris, *Collecteur du feu ou de la chaleur*. Eine Vorrichtung, durch welche man die fühlbare Wärme beträchtlich anhäufen kan, indem man Sonnenſtralen, oder ſtralende Hitze, durch mehrere parallele Glasſcheiben hindurchgehen läſt.

Es war längſt bekannt, daß vielfache Bedeckung mit Glasſcheiben oder gläſernen Glocken, welche ein wenig auseinander ſtehen, und Luft zwiſchen ſich faſſen, die von den Sonnenſtralen erregte Wärme ſehr zuſammenhält. Die doppelten oder dreyfachen Fenſter der Treibhäuſer und Treibbeete, die Glasglocken, worunter man gewiſſe Früchte zur Reife bringt u. ſ. w. ſind einleuchtende Beweiſe hievon. Das ganze Phänomen gründet ſich darauf, daß das Glas ein ziemlich ſchlechter Leiter der Wärme iſt, hingegen das Licht in genugſamer Menge durchläßt, um in den Körpern, die daſſelbe zuletzt aufnehmen, Wärme zu erregen. Wenn ſich nun dieſe fühlbare Wärme nicht ſo ſchnell, als ſie entſteht, mittheilen und zerſtreuen kan, ſo muß ſie im Fortgange der Zeit die Temperatur des bedeckten Körpers anſehnlich erhöhen.

Inzwiſchen hätte man doch nicht gedacht, daß ſich dieſes Zuſammenhalten der Wärme ſo weit treiben ließe, als

jetzt bekannt ist. Es gelang zuerst Herrn de Saussüre, in einem Kasten, in welchen das Sonnenlicht durch drey einander parallele Plangläser fiel, Wasser kochen zu machen, ja sogar die Hitze noch $17\frac{1}{2}$ fahrenheitische Grade über den Siedpunkt zu treiben. Dies war im Jahre 1783 durch Briefe bekannt geworden, als Herr Ducarla in Paris (Journal de Paris. 1784. Num. 81. ingl. Journal general de France vom 1 May 1784. u. *Ducarla* du feu complet. à Paris, 1785. 8.) die Beschreibung eines hiezu eingerichteten Apparats unter dem Namen des **Feuersammlers** *(Collecteur du feu)* herausgab, und mit einer eignen Theorie begleitete.

Dieser Wärmesammler besteht aus einer beliebigen Anzahl gläserner Glocken oder Cylinder, die sich oben in Halbkugeln endigen, und so dünn, durchsichtig und stralenbrechend, als möglich seyn müssen. Die Halbmesser dieser Glocken werden stufenweise immer um 3 Lin. größer, z. B. der Halbmesser der innersten hat 36, der der zweyten 39, der dritten 42 Linien u. s. f. Eben so wachsen die Höhen des cylindrischen Theils dieser Glocken, z. B. die Höhe der innersten ist 3, die der zweyten 6, der dritten 9 Linien u. s. w.

Alle diese Glocken stehen auf einem hohlen, dünnen schwarzen und undurchsichtigen Kegel, der in der Mitte seiner Axe senkrecht abgestumpft ist. Die kleine Grundfläche des Kegels ist im Halbmesser um 3 Lin. kleiner, als die Grundfläche der kleinsten Glocke: die größere Grundfläche hat 3 Lin. mehr, als die der grösten Glocke. Herr Ducarla hat ausser diesen wesentlichen Stücken den Apparat noch mit einigen zufälligen versehen, z. B. mit Kappen, Deckeln, einer massiven schwarzen Halbkugel, die auf die kleinere Grundfläche des abgestumpften Kegels zu liegen kömmt, und einem Büffonschen Planspiegelsystem. Er läst von Norden nach Süden zu eine kleine Gallerie durch alle Glocken hindurchgehen, welche bis an die massive Halbkugel reicht, und so viel Oefnungen hat, als sie fassen kan. In dieser Gallerie haben diejenigen Dinge ihren Platz, die man durch den Apparat schmelzen, calciniren oder sublimiren will; man öfnet sie aber nicht öfter, als es nöthig ist, Gebrauch davon zu machen.

Digitized by Google

Wenn man diesen Apparat dem Sonnenscheine eines schönen Frühlingstages aussetzt, so sammlet sich darinn eine solche Menge fühlbarer Wärme, daß dieselbe nach Herrn Ducarla Behauptung im Stande ist, einen Kessel voll Eisen, von mehr als einer Toise im Durchmesser, in Fluß zu bringen.

Es sammlet aber diese Geräthschaft nicht blos die Wärme, welche die Sonnenstralen erregen, sondern auch diejenige, welche durch die stralende Hitze brennender Materien hervorgebracht wird. So kan man sie bey chymischen Oefen und in Manufacturen, welche viel Feurung erfordern, mit großer Ersparniß der brennbaren Materialien anwenden. Man darf nur bedenken, daß bey der gewöhnlichen Art, das Ofenfeuer anzubringen, von der ganzen physischen Wirkung desselben erstaunlich viel verlohren geht, ohne die Materien, die man dem Feuer aussetzen will, wirklich anzugreifen. Man muß also diesen Verlust einzuschränken suchen, indem man den Ofen isolirt, d. h. indem man ihn sowohl von der Atmosphäre als von der Erde, durch angebrachte dünne Hüllen absondert, die abwechselnd aus einer sehr dichten und einer sehr dünnen Materie bestehen (wie im Apparate aus Glas und Luft). Diese Hüllen können auch aus undurchsichtigen Materien z. B. Metallen, Holz, Pappe u. dergleichen, gemacht werden, wenn man blos Zusammenhaltung stralender Hitze zur Absicht hat; nur muß man ihnen Oefnungen geben, um dadurch den zur Feurung nöthigen Luftzug zu unterhalten.

Die Theorie dieses Wärmesammlers baut Herr Ducarla ganz allein auf den Satz, daß sich die Wärme an Flächen, wo sich zwey verschiedene Mittel berühren, im Verhältniße der Dichten dieser Mittel mittheile. Da nun das Glas ohngefähr 2000mal dichter ist, als die Luft, so läst sich annehmen, daß bey gleicher Temperatur (und gleichen Capacitäten oder specifischen Wärmen) das Glas in gleichem Raume eine 2000mal größere Wärmemenge, als die Luft, enthalte. Wenn sich also Wärme an einer Fläche mittheilt, wo sich Glas und Luft berühren, so theilt jenes dieser 2000 Grade mit, indem es nur einen einzigen

verliert; die Luft hingegen theilt dem Glase nur $\frac{1}{2000}$ Grad mit, indem sie 1 Grad verliert. Der obige Apparat nun nimmt eben so viel Wärme an, als ob er ganz aus Glas bestünde (weil doch seine ganze Masse aus 2000 Theilen Glas und nur 1 Theil Luft besteht); dagegen verliert er nur so wenig Wärme, als ob er aus Luft bestünde, weil er in Rücksicht der Räume zwischen den Glocken wirklich aus Luft besteht. Seine Mittheilung an die äussere Luft wird also 2000 mal geringer seyn, als wenn er ganz aus Glas bestünde. Oder, was eben so viel ist, die abwechselnden Glocken von Glas und Luft berühren sich in 2000 mal weniger Punkten, als wenn der ganze Apparat durchaus von massivem Glase wäre; die ganze Wärmemenge hat also 2000 mal weniger Wege, sich von der Mitte nach der Oberfläche fortzupflanzen.

Nun möchte ich zwar die genaue mathematische Richtigkeit dieser Schlüße nicht in aller Schärfe behaupten; auch hängt die Geschwindigkeit der Mittheilung gewiß nicht von der Dichte der Mittel allein, sondern zugleich von ihrer Capacität und andern Umständen ab, welche ihr wärmeleitendes Vermögen bestimmen, s. **Wärme**. Allein man kan doch nicht läugnen, daß bey Mitteln, wie Glas und Luft, die sich so sehr an Dichtigkeit unterscheiden, bey weitem das meiste auf diesen Unterschied ankömmt; und also ist die gegebne Erklärung des Phänomens immer nicht zu verwerfen.

Alles kömmt beym Wärmesammler darauf an, daß freye Wärme durch öfteres Anstoßen an schwerer leitende Flächen aufgehalten, und dadurch an der Geschwindigkeit ihrer Fortpflanzung gehindert, oder gar aus stralender Hitze in blos fortgepflanzte Wärme verwandlet wird.

Lichtenberg Magazin für das Neuste aus der Phys. und Naturgeschichte, II. Band, 4tes Stück. Gotha, 1784. 8. S. 113 u. f.

Wärmestof, s. **Feuer, Wärme.**

Wage, Libra, Bilanx, *Balance*. Den Namen einer **Wage** führt überhaupt jeder Hebel, der dazu dient,

das Gewicht der Körper vermittelst eines Gegengewichts zu erfahren. Soll das Gegengewicht allemal eben so schwer seyn oder eben so viel wiegen, als der Körper selbst, so wird ein gleicharmichter Hebel erfordert. Dieser Fall giebt die gewöhnliche **gleicharmichte Wage**, von welcher hier die Rede ist, da von der ungleicharmichten bereits der eigne Artikel **Schnellwage** handlet. Die **Kramerwage, Goldwage, Probirwage** u. s. w. sind blos Arten der gemeinen gleicharmichten Wage, die sich nur durch ihre verschiedene Schärfe und Empfindlichkeit unterscheiden.

Zur gemeinen Wage Taf. XXV. Fig. 63. dient ein gleicharmichter Hebel AB, dem eine solche Gestalt gegeben ist, daß sein Schwerpunkt G die Länge AB halbirt. Dieser Hebel heißt der **Wagbalken** (scapus, jugum, *fléau*): Wenn an demselben die Unterlage so angebracht ist, daß sie den Schwerpunkt unterstützt, so werden gleiche Gewichte in gleichen Entfernungen von ihr im Gleichgewichte seyn, s. **Hebel**. Man hängt an beyden Endpunkten die Schalen D und E mit Schnüren oder Ketten auf, welche beyde mit ihren zugehörigen Schnüren gleich schwer seyn müssen.

Nun ist die Absicht der Wage, daß bey gleichen in die Schalen D und E eingelegten Gewichten P und Q der Wagbalken die horizontale (wagrechte) Stellung behalten, bey der geringsten Ungleichheit der Gewichte aber diese Stellung verlassen, jedoch dabey nicht ganz umschlagen, sondern nur um einen gewissen Winkel, den man den **Ausschlag** nennt, von der Horizontallinie abweichen, und alsdann stillstehen soll. Dieser Ausschlag soll desto größer seyn, je größer die Ungleichheit der Gewichte P und Q ist, damit er zugleich ein Merkmal angebe, ob das Gegengewicht einer starken oder nur einer geringen Veränderung bedürfe, um dem zu untersuchenden Körper völlig gleich zu wiegen.

Wollte man den Wagbalken in seinem Schwerpunkte G selbst unterstützen, so daß er sich um denselben frey drehen könnte, so würde diese Absicht nicht erreicht werden. Bey gleichen Gewichten würde AB nicht nur in der horizontalen, sondern auch in jeder schiefen Stellung ruhen, s. **Schwerpunkt** (Th. III. S. 928). Bey der geringsten Ungleich-

Digitized by Google

heit hingegen würde der Wagbalken ganz umschlagen. Denn in diesem Falle rückt der gemeinschaftliche Schwerpunkt des Ganzen auf die Seite des schwerern Gewichts von G nach g hinüber; und da dieser neue Schwerpunkt g sich so lang um G dreht, bis er lothrecht darunter steht, so muß der Wagbalken so weit fallen, bis die Linie Gg, also auch die parallele AB, in eine völlig lothrechte Stellung kömmt.

Man unterstützt daher den Wagbalken nicht im Schwerpunkte G selbst, sondern im Punkte C, der bey wagrechter Stellung des Balkens lothrecht über G liegt. So wird bey gleichen Gewichten AB nur in der horizontalen, und in keiner andern, Stellung ruhen. Denn der Schwerpunkt G, der sich frey um C drehen kan, fällt so lange, bis er die tiefste mögliche Stelle erreicht hat, d. i. bis er vertikal unter C steht, und bringt dadurch allemal die Linie AB in eine wagrechte Lage, s. **Schwerpunkt** (Th. III. S. 929).

Bey ungleichen Gewichten hingegen rückt der Schwerpunkt des Ganzen von G nach g, auf die Seite des größern Gewichts P zu. Dieser neue Schwerpunkt g dreht sich nun um C so lange, bis er lothrecht unter demselben in Ruhe kömmt, oder bis die Linie Cg die lothrechte Stellung Cf erhalten hat. Dadurch schlägt AB nicht ganz um, sondern dreht sich nur um einen Winkel fort, welcher dem Winkel gCG gleich, oder dessen Tangente $= \frac{Gg}{CG}$ ist. Dieser ist der verlangte **Ausschlag**.

Daß sich dieser Ausschlag nach der Größe des Uebergewichts richte, läst sich so übersehen. Für den gemeinschaftlichen Schwerpunkt g beyder Gewichte P und Q am Hebel AB ist nach der Formel ⊙ beym Worte **Schwerpunkt** (Th. III. S. 924.)

$$Ag = \frac{Q \cdot AB}{P+Q} = \frac{\frac{1}{2}AB}{P+Q} \cdot 2Q$$

$$AG = \frac{1}{2}AB = \frac{\frac{1}{2}AB}{P+Q} \cdot (P+Q)$$

$$Gg = \frac{\frac{1}{2}AB}{P+Q} \cdot (P-Q)$$

Digitized by Google

mithin die Tangente des Ausschlags $\frac{Gg}{CG} = \frac{\frac{1}{2}AB}{CG} \cdot \frac{P-Q}{P+Q}$

Weil nun bey jeder Wage AB und CG unverändert bleiben, so wird sich diese Tangente, wie das Uebergewicht P — Q verhalten, wofern sich nur P + Q nicht sehr beträchtlich ändert.

Eine Wage heißt schnell oder empfindlich, wenn sie bey der geringsten Ungleichheit der Gewichte schon einen merklichen Ausschlag giebt; hingegen faul, wenn der Wagbalken erst bey einer ziemlich beträchtlichen Ungleichheit von der Horizontallinie abweicht. Vorausgesetzt, daß sich der Wagbalken frey und ohne alle Reibung um C drehen könne, wird die Wage desto schneller seyn, je kleiner CG gegen AB ist: denn die Formel zeigt, daß die Tangente des Ausschlags für eben die Gewichte P und Q in eben dem Maaße größer werde, in welchem $\frac{AB}{CG}$ größer, oder in welchem CG kleiner ist. Man kan also der Wage die gröste Empfindlichkeit geben, wenn man den Punkt C, um den sich der Balken dreht, so nahe als möglich über den Schwerpunkt G setzt. Fällt C mit G selbst zusammen, so sind Empfindlichkeit und Ausschlag unendlich groß, d. h. die Wage schlägt beym geringsten Uebergewichte schon ganz um, wie im vorigen gezeigt worden ist.

Der Grad der Empfindlichkeit muß den Absichten der Wage gemäß seyn. Die Probirwagen erfordern einen hohen Grad der Empfindlichkeit, der bey einer gemeinen Krämerwage nur beschwerlich fallen würde. Denn in Fällen, wo man nur bis auf halbe Quentchen wiegen will, wäre es lächerlich, der Wage eine Empfindlichkeit für einzelne Grane zu geben; man würde sie dabey niemals zum Gleichgewichte bringen können. Daher muß sich das Verhältniß CG : AB oder CG : AC nach den Absichten der Wage richten.

Leupold (Theatr. ſtaticum univerſale. Leipzig, 1726. fol. S. 22.) giebt zu Austheilung der Wagbalken sehr gute praktische Vorschriften. Er theilt die halbe Länge des Balkens AC für sehr schnelle Wagen in 8, für gemeine Hand-

Digitized by Google

wagen in 7, für die größern Kramerwagen in 6, für Wagen zu sehr großen Lasten nur in 5 oder 4 Theile. Mit der Helfte eines solchen Theils wird aus dem Schwerpunkte G ein Kreis beschrieben, und dessen Durchmesser wiederum in 8 Theile getheilt. Hieraus lehrt nun Leupold, durch weitere Zeichnung die ganze Gestalt und alle Abmessungen des Balkens finden, wobey GC allemal einem Achtel des Durchmessers von dem ebengedachten Kreise gleich genommen wird. Solchergestalt ist bey ihm CG : AC wie 1 : 64 für die empfindlichsten, wie 1 : 32 für die gröbsten Wagen. Für jene würde bey 1 Gran Uebergewicht auf 1000 Gran, P = 1001, Q = 1000, mithin die Tangente des Ausschlags $= \frac{64}{1001}$ d. i. fast = 0,032 seyn, wofür die Tafeln den Ausschlag = 1° 50′ geben.

Hiebey wird aber vorausgesetzt, daß alle Reibung gänzlich vermieden sey. Um nun das Reiben in der Ausübung wenigstens so unbeträchtlich, als möglich, zu machen, wird nicht allein die ganze Wage mit Balken, Ketten und Schalen so leicht gebaut, als es ohne Schaden ihrer Festigkeit und Unbiegsamkeit im Verhältniße mit den Lasten, die sie tragen soll, thunlich ist, sondern es wird ihr auch die besondere Taf. XXV. Fig. 64 vorgestellte Art der Aufhängung gegeben. Der Wagbalken bekömmt die auf seiner Länge senkrecht stehende **Zunge** CF Fig. 63. (index, lingula, *aiguille*) und es werden auf beyden Seiten in der gehörigen Entfernung über dem Schwerpunkte G runde Zapfen angesetzt, die sich unten an der Stelle des Bewegungspunktes C in abgeschärfte Schneiden, wie Keile, endigen. Mit diesen Zapfen wird der Wagbalken in die runden Löcher oder Pfannen der aus zwey Blättern bestehenden **Zange** oder **Scheere** (trutina, *chasse*) DE Fig. 64. eingelegt, so daß er mit den Schärfen der Zapfen in C Fig. 63. auf dem innern Umfange der Pfannen ruht, und sich beym Drehen um C die Zapfen an den Pfannen nicht schieben, sondern nur auf ihrer Schärfe C hin und her wiegen. Hiedurch wird das Reiben fast gänzlich vermieden, s. **Reiben** (Th. III. S. 700): nur muß alles so gut und gleich gehärtet seyn, daß die Schärfen weder einschneiden noch sich abnutzen.

Digitized by Google

Wenn man die Scheere bey H hält oder aufhängt, so stellt sie sich durch das Gewicht des Ganzen von selbst lothrecht. Spielt alsdann die Zunge genau in der Mitte der Scheere auf das im Ringe unter H befindliche Merkmal, so steht auch sie lothrecht, mithin der Balken AB horizontal. Bleibt aber der Balken in einer schiefen Lage ab stehen, so weicht auch die Zunge auf die Seite des schwerern Gewichts in die Lage Cf, und der Winkel aCA = fCF giebt den Ausschlag an. Die Punkte A und B, an welchen die Schalen hängen, liegen mit dem Aufhängungspunkte C in gerader Linie.

Eine **falsche Wage** ist diejenige, deren Balken sich bey ungleichen Gewichten dennoch wagrecht stellt. Dazu wird nach den Gesetzen des Hebels nothwendig eine ungleiche Länge der Arme des Wagbalkens AC und BC erfordert. Wenn eine solche Wage auch bey ledigen Schalen horizontal steht, so sind die Schalen mit den Schnüren von ungleichem Gewichte, und es hängt die schwerere am kürzern, die leichtere am längern Arme. Durch Verwechselung der Schalen kan man also den Betrug augenblicklich entdecken, weil so die schwerere Schale an den längern Arm kommen und einen Ausschlag geben muß. Eine richtige Wage kan falsch werden, wenn sich ihre Arme ungleich beugen, und die Punkte A und B ungleiche Abstände von C bekommen; ingleichen, wenn man an dem einen Arme etwas heisses wiegt, wobey er durch die Hitze verlängert werden kan, so daß z. B. eine Kugel glühend mehr zu wiegen scheint, als kalt.

Inzwischen kan man auch auf einer falschen Wage das wahre Gewicht eines Körpers finden, wenn man ihn zuerst in der einen, dann in der andern Schale wiegt, und zwischen beyden falschen Gewichten die mittlere geometrische Proportionalgröße nimmt. Denn es wiege der Körper in der Schale A mit p Pfund, in B mit q Pfund gleich; sein wahres Gewicht sey = x Pfund. So muß nach dem Gesetz des Hebels

$$AC : BC = p : x$$
$$AC : BC = x : q \text{ seyn}$$

Daher $p : x = x : q$ und $x = \sqrt{pq}$.

Digitized by Google

Wiegt z. B. eine Waare in der einen Schale 16, in der andern nur 15 Unzen, so ist ihr wahres Gewicht $= \sqrt{15.16} = 15,49$ Unzen, und die beyden Arme des Wagbalkens verhalten sich in der Länge, wie 1600 : 1549, oder fast, wie 32 : 31.

Eine sehr genaue Wage von **Ramsden**, welche ein Gewicht von 10 Pfund tragen kan, und auf 1 Millionentheilchen des Totalgewichts Ausschlag giebt, wird im **Rozier** (Journal de physique Août. 1788.) und im Gothaischen Magazin für das Neuste aus der Physik VI. B. 4. St. S. 100 u. f.) beschrieben.

Zu besondern Absichten giebt man den Wagen auch andere Einrichtungen, deren einige **Leupold** im Theatro statico universali beschreibt. Für den Physiker möchte die sogenannte **Universalwage** (*Leupold* Tab. V. Fig. II.) die wichtigste seyn. Ihr Balken ist ein hölzernes ganz reguläres Parallelepipedum, in eine Anzahl gleicher Theile getheilt, und mit gewöhnlichen unten abgeschärften Zapfen in Pfannen, die auf einem Stative stehen, eingelegt. Dazu gehören Schieber, an die man Gewichte hängen, und sie nach Gefallen an diesen oder jenen Punkt der Eintheilung verschieben kan: Zunge und Scheere bleiben weg, da der Balken lang genug ist, um seinen wagrechten Stand schon dem Augenmaaße deutlich genug anzugeben. Dieses sehr bequeme Instrument dient, die meisten Sätze der Theorie des Hebels und Schwerpunkts durch Versuche zu prüfen, und wenn die Zapfen beweglich sind, so läßt sich damit auch die Lehre von der verschiedenen Empfindlichkeit der Wagen und der besten Stelle des Aufhängepunkts erläutern. Die **Probirwage**, welche zu den feinsten Abwägungen dient, beschreibt ebenfalls **Leupold** (§. 49 u. f. Tab. VIII.); noch besser **Cramer** (Elementa artis docimasticae. Lugd. Bat. 1733. 8. Anfangsgr. der Probierkunst, übers. von Gellert. Leipzig, 1749. 2te Aufl. 1766. 8. Th. I. S. 304).

Federwagen, worinn eine Stahlfeder durch ein angehangenes Gewicht zusammengedrückt, und die Größe des Gewichts durch den Grad der Zusammendrückung auf ei-

Digitized by Google

ner Scale angegeben wird, ſind bequem, aber weniger zuverläßig.

Die ganz gemeine Art beſchreibt Leupold; genauere haben Herr Roſenthal (Acta acad. elect. Mog. ad ann. 1784 et 1785. Erford. 1786. 8maj. No. 6.) und Hanin (ſ. Gothaiſches Mag. für das Neuſte ꝛc. VI. B. 2 St. S. 108.) angegeben.

Von den bey phyſikaliſchen Abwägungen gebräuchlichen Gewichten ſ. den Artikel Pfund.

Käſtner Anfangsgr. der Mechanik. Göttingen, 1780. 8. §. 66 u. f.

Karſten Lehrbegrif der geſ. Mathematik. Dritter Theil. Greifsw. 1769. 8. Statik feſter Körper, V. Abſchnitt.

Wage, hydroſtatiſche, Bilanx hydroſtatica, *Balance hydroſtatique.* Die hydroſtatiſche Wage unterſcheidet ſich von der gemeinen gewöhnlich in nichts weiter, als daß ſie empfindlicher, feiner und zu der Abſicht, die Körper in flüßigen Materien abzuwägen, bequemer eingerichtet iſt. In dieſer Abſicht werden die Wagſchalen unten mit Häckchen verſehen, an welche man die einzutauchenden Körper an Fäden oder Roßhaaren einhängen kan. Eine ſolche Wage mit ein paar hinlänglich weiten und tiefen Gefäßen zu den flüßigen Materien, und einem eyförmigen Glaskörper zum Einſenken, macht ſchon den ganzen weſentlich nöthigen Apparat zu hydroſtatiſchen Abwägungen aus.

Eine dem Angeben nach von Hawksbee erfundene und von Leupold in Leipzig verfertigte hydroſtatiſche Wage wird von Wolff (Nützliche Verſuche, Th. I. Cap. 8. §. 209.) ſehr umſtändlich beſchrieben, auch von Leupold ſelbſt (Theatri ſtat. univerſ. P. II. ſ. Theatr. hydroſtat. Leipzig, 1726. fol. p. 217. Tab. III. Fig. 6.) abgebildet. Um den geringſten Ausſchlag bemerken zu können, iſt die Zunge nicht wie in den gewöhnlichen Wagen, zwiſchen die Blätter einer Scheere verſteckt, ſondern die Zapfen des Wagbalkens ruhen in den Pfannen einer Hülſe, die von einem Fuße getragen wird. Die ſehr feine Zunge iſt unterwärts gekehrt, und ſpielt ganz frey: ihren ſenkrechten Stand oder Aus-

Digitized by Google

schlag bemerkt man durch Vergleichung mit einem kleinen Bleylothe, das vom Aufhängepunkte herabhängt. Statt der Schalen hat die Wage flache messingene Teller, unten mit Häckchen zum Einhängen der Körper an Fäden versehen. Der Fuß, der die Hülse mit den Pfannen trägt, läst sich erhöhen oder erniedrigen, und durch eine Stellschraube fest machen, damit man durch ihn die ganze Wage erheben oder herablassen könne, je nachdem man die angehangnen Körper aus den untergestellten Gefäßen emporheben oder in dieselben untertauchen will.

Brisson beschreibt die sehr bequeme Taf. XXV. Fig. 65. vorgestellte Einrichtung, mit welcher der Abt Nollet die Versuche bey seinen Vorlesungen anstellte. AB ist ein hölzerner mit Bley ausgefütterter Kasten, 20 Zoll lang, 6 Zoll breit und hoch. Auf dem Deckel dieses Kastens stehen drey Gefäße F, G, H, welche unten durch eine kupferne im Innern des Kastens befindliche Communicationsröhre verbunden sind. Diese Röhre hat vier Hähne, wovon bey f, l, m drey zu sehen sind; der vierte steht an der schmalen Seite des Kastens bey B. Das mittlere größere Gefäß F hat einen zinnernen Deckel, der eine Dülle trägt, auf welcher die Hülse mit den Pfannen für die Zapfen des Wagbalkens steckt. An den Enden des Wagbalkens CD hängen lothrecht über den Mündungen der Gefäße H und G die Wagschalen d und c, unten mit Häckchen versehen, um die abzuwägenden Körper daran zu hängen. Beym Gebrauch dieser Wage füllt man das Gefäß F mit Wasser u. dergl., indem alle Hähne verschloßen sind. Will man nun einen an c angehangnen und ins Gleichgewicht gebrachten Körper in Wasser tauchen, so öfnet man nur den Hahn l; dadurch füllt sich das Gefäß G aus F mit Wasser an. Will man auch den an d hangenden Körper eintauchen, so muß man beyde Hähne l und m öfnen, damit sich beyde Gefäße G und H aus F anfüllen. Soll der Körper an c nicht mehr eingetaucht seyn, so öfnet man den Hahn f, wodurch das Wasser aus G in das Innere des Kastens abläuft.

Digitized by Google

Mit dieser Wage lassen sich die Sätze vom Gleichgewicht fester Körper mit flüßigen prüfen, s. Gleichgewicht (Th. II. S. 506.), und die eigenthümlichen Gewichte sowohl fester, als flüßiger, Körper finden, s. Schwere, specifische (Th. III. S. 905 — 908).

Brander (Beschreibung einer neuen hydrostatischen Wage, Augsburg, 1771. 8.) hat seine vorzüglich nach Lamberts Vorschriften zu Bestimmung des Salzgehalts der Solen eingerichtete Wage dennoch auch zum allgemeinen hydrostatischen Gebrauch geschickt gemacht. Sie stellt sich selbst mit dem, was man ins Flüßige hinabläßt, ins Gleichgewicht, und giebt auf einem getheilten Limbus das Verhältniß der eigenthümlichen Gewichte der untersuchten Flüssigkeit und des Wassers, oder auch das Gewicht eines Cubikzolles der Flüßigkeit an. Ihre runden polirten stählernen Zapfen laufen auf zween eingelegten Glascylindern mit ungemein geringer Reibung. Als Salzwage kan ein solches Instrument zwar nützlich, nie aber ganz zuverläßig seyn, da Lambert die Grade nach Auflösungen reiner Salze bestimmt hat, die gewöhnlichen Solen aber allezeit unreine mit Erden vermischte Salze enthalten, so daß die sogenannte Bittersole bisweilen auf $\frac{1}{7}$ des Ganzen beträgt.

Man belegt mit dem Namen hydrostatischer Wagen auch noch andere Werkzeuge, welche das eigenthümliche Gewicht der Liquoren zu erfahren dienen, z. B. die Aräometer, von denen ein eigner Artikel dieses Wörterbuchs handlet. Manche Schriftsteller brauchen die Namen Aräometer und hydrostatische Wage ganz als Synonymen, wie z. B. Wolf die oben erwähnte hawksbeeische Wage unter dem Namen eines Aräometers beschreibt.

In diesem Sinne könnte man auch den Heber, welchen Musschenbroek (Introd. ad philos. nat. To. II. §. 1395.) erwähnt, unter die Aräometer oder hydrostatischen Wagen zählen. Taf. XXVI. Fig. 56. ist am obern Theile des gleichschenklichten Hebers ADB eine Röhre DK angebracht, welche mit dem Saugrohre einer Luftpumpe verbunden werden kan. Setzt man nun die Enden des Hebers in Gefäße mit verschiedenen Flüßigkeiten A, B, und verdünnt

durch einen Zug des Kolbens die Luft im Raume EDK, so werden beyde Flüßigkeiten, jede in ihrem Schenkel, zu ungleichen Höhen BE und AC aufsteigen, und das umgekehrte Verhältniß dieser Höhen wird zugleich das Verhältniß ihrer specifischen Gewichte ausdrücken, weil der Druck jeder Säule dem Ueberschusse der Federkraft der äussern Luft über die Federkraft der innern in EDK gleich seyn muß, mithin beyde Säulen BE und AC gleich stark drücken, und sich daher umgekehrt, wie die eigenthümlichen Gewichte verhalten, s. **Röhren, communicirende** (Th. III. S. 726). Eine artige Verbesserung dieses Werkzeugs von **Scannegarry**, wobey statt des Hebers neun gläserne Röhren von gleichem Durchmesser, jede in ein besonders Gefäß gestellt, und alle oben durch einen gemeinschaftlichen mit einem Hahne versehenen Canal verbunden sind, beschreibt Herr **Lichtenberg** (Beschreibung eines verbesserten Aräometers, oder einer Wage ꝛc. im Magazin für das Neuste aus d. Phys. und Naturg. I. B. 2. St. S. 45 u. f.) mit der Bemerkung, daß es gut sey, die Glasröhren inwendig ganz sanft auszuschmergeln, und zu Vermeidung der Erschütterung das Instrument nicht an die Luftpumpe selbst, sondern an eine mit einem Hahne versehene Kugel anzubringen, aus der man die Luft zuvor ausgezogen hat.

Wolf Nützliche Versuche. Halle, 1721. 8. Th. I. Cap. 8. §. 209.

Brisson Dict. raisonné de Physique. Art. *Balance hydrostatique.*

Erxleben Anfangsgr. der Naturlehre, durch Lichtenberg. 4te Auflage, §. 170. Anm.

Wage des Roberval, Vectis Robervalli; *Balance de Roberval.* Unter diesem Namen ist eine Art von zusammengesetztem Hebel bekannt, welche **Roberval** im vorigen Jahrhunderte den Gelehrten als ein mechanisches Paradoxon vorlegte (s. Journal des Sçav. ed. Amsterd. 1670. p. 588. sqq.), weil daran nach seinem Ausdrucke Kräfte, die sich einmal im Gleichgewichte befinden, immer in diesem Gleichgewichte bleiben, in welche Entfernung vom Ruhepunkte man sie auch bringen mag, ja sogar, wenn sie sich beyde auf einerley Seite des Ruhepunkts befinden.

Digitized by Google

Taf. XXVI. Fig. 67. bilden die vier Regeln AB, BC, CD, DA ein Parallelogramm, und ſind mit vier Nägeln in A, B, C, D dergeſtalt verbunden, daß ſie ſich frey um dieſe Nägel drehen. Die beyden Regeln AB und CD ſind in der Mitte mit andern Nägeln E, F, an die feſtſtehende Säule GH ſo befeſtiget, daß ſie ſich ebenfalls um E und F drehen können. Solchergeſtalt kan das ganze Parallelogramm ABCD die punktirte ſchiefe Lage annehmen, doch ſo, daß die gegenüberſtehenden Seiten immer parallel und gleich, auch AD und BC immer vertical bleiben. Bringt man nun an dieſe Regeln AD und BC die Arme MI und NO ſenkrecht an, und befeſtigt dieſelben bey P und Q ſo, daß ſie ſich nicht drehen können, ſo werden die gleichen Gewichte K und L im Gleichgewichte ſeyn, an welchen Punkten der Arme MI und NO ſie auch hängen mögen. Man hänge z. B. K an M, und L an O, wie es die Figur vorſtellt, ſo wird ſich alles das Gleichgewicht halten, obgleich K dem Ruhepunkte oder der Säule EF weit näher, als L, ſcheint.

Nemlich die Befeſtigung bey P macht, daß das Gewicht K auf die ganze immer ſenkrechte Regel AD nicht anders wirken kan, als wenn es im Punkte P ſelbſt angebracht wäre. Könnte es die Regel um P drehen, ſo würde hiebey freylich das Moment PM $\times$ K (welches ein Moment um P iſt, ſ. Moment, ſtatiſches) in Betrachtung kommen; da aber dieſe Umdrehung wegen der Befeſtigung bey P nicht ſtatt finden kan, ohne zugleich die Regel AD aus der vertikalen Lage zu bringen, ſo wird durch dieſes Moment blos eine Stemmung der Regeln AB und DC gegen die Nägel E und F bewirkt; und der vertikale Zug an der Regel AD iſt weder ſtärker noch geringer, als wenn K an P ſelbſt hienge, indem dieſer Ruhepunkt des Hebels IPM das Gewicht P mit zu tragen bekömmt. Eben ſo iſt es mit L, welches ſo wirkt, als ob es an Q hienge. Folglich bleibt alles im Gleichgewichte, wenn nur P und Q gleich weit von EF entfernt ſind, und auf beyden Seiten alles gleich ſchwer iſt.

Eben dies würde auch noch ſtatt finden, wenn man den feſten Arm IM bis m verlängerte, und K in m anhienge, in welchem Falle K und L beyde auf einerley Seite des Ru-

Digitized by Google

hepunkts, oder beyde zur rechten der Säule EF zu hängen scheinen. Dabey müste man aber nicht vergessen, den kürzern Arm NO eben so schwer, als den längern Im, zu machen, wenn die Wage im Gleichgewichte seyn sollte.

Brisson giebt von dem Gleichgewichte an Robervals Wage einen schatfen auf die Zerlegung der Kräfte gegründeten Beweiß. Nimmt man als erwiesen an, daß sich die Kräfte im Gleichgewichte allezeit umgekehrt verhalten, wie die Räume, die sie bey wirklicher Bewegung in gleichen Zeiten zurücklegen würden, so giebt sich die Sache am leichtesten. Denn so sieht man auf den ersten Blick, daß nach der Einrichtung der Maschine K und L um eben soviel steigen oder sinken müssen, als die Punkte P und Q steigen oder sinken (es mögen die Arme PM und QO lang oder kurz seyn), und daß in gleicher Zeit P eben so weit sinkt, als Q steigt; daher fürs Gleichgewicht K = L seyn muß.

Leupold Theatrum staticum universale. p. 59. Tab. XVII. Fig. 2. 3.

Brisson Dict. raif. de physique, Art. *Levier*.

Wagen, elektrischer, Currus electricus, *Charriot électrique*. Eine Vorrichtung, durch welche ein elektrischer Drache, selbst während des heftigen Gewitters, in die Luft kan aufgelassen werden, ohne die Person des Experimentators der mindesten Gefahr auszusetzen. Die gewaltsamen Wirkungen der Elektricität, welche Herr de Romas im Jahre 1753 an der Schnur seines Drachens wahrnahm, sind bey dem Worte **Drache, elektrischer** (Th. I. S. 599.) beschrieben worden. Die Besorgniß, bey so starker Elektricität den Blitz auf sich selbst zu leiten, wenn man den Drachen bey schon herangekommenen Gewitterwolken steigen ließe, und dabey die Schnur mit der Hand anfassen müste, bewog Herrn de Romas zu der Erfindung eines Wagens mit drey Rädern, der einen Haspel trägt, auf welchen die leitende Schnur des Drachen gewunden ist. Dieser Wagen wird von dem Experimentator in einiger Entfernung durch seidne Schnüre so regiert, wie es die Gewalt des Windes und die Absichten des Versuchs erfordern. Die Einrichtung ist

so getroffen, daß man dem Wagen alle Arten der Lenkung geben, die Schnur aufhalten und loslassen, den Haspel isoliren oder mit der Erde verbinden, kurz alles, was man verlangt, mit der Schnur vornehmen kan, ohne ihr nahe zu kommen, oder auf die Vorrichtung anders, als durch seidne Schnüre zu wirken. Die Mittel hiezu sind sinnreich, machen aber auch die Maschine so zusammengesetzt, daß ihre Beschreibung viel Raum und einige Abbildungen erfordern würde. Man findet dies alles sehr umständlich beym Brisson. Jetzt ist der elektrische Wagen vollkommen entbehrlich, da die Drachen nur zu Beobachtungen der schwächern Luftelektricität gebraucht werden, und für die stärkere Elektricität bey Gewittern weit leichtere und sichrere Mittel bekannt sind, s. Elektricitätszeiger.

Brisson Dict. raif. de Phyſique, Art. *Charriot électrique.* p. 335 — 340.

Wagrecht, s. Horizontal.

Wahlverwandschaft, s. Verwandschaft.

Wanken der Erdaxe, Schwanken, Nutation, Nutatio, Deviatio, *Nutation*, *Deviation*. Diese Namen führt eine kleine periodische Bewegung der Erdaxe, welche durch die ungleiche Einwirkung des Monds auf die sphäroidisch gestaltete Erdkugel bewirkt wird, s. Vorrücken der Nachtgleichen. Vermöge dieser Bewegung bleiben die Pole am Himmel nicht genau in dem Kreise, in dem sie sonst wegen des Vorrückens der Nachtgleichen um die Pole der Ekliptik langsam herumzugehen scheinen, sondern sie beschreiben noch ausserdem einen kleinen Kreis von 18 Secunden Durchmesser, in welchem sie aller 18 Jahre, 8 Monate einmal herumkommen.

Durch Newtons Mechanik der Himmelskörper ward schon Flamstead (Hist. coeleſt. Britann. To. III. p. 113.) veranlaßt, ein Wanken der Erdaxe zu vermuthen; auch hatte Römer in einem von Horrebow (Basis Astron. Hauniae, 1735. 4maj. p. 66.) angeführten Aufsatze vom J. 1692 ähnliche Gedanken geäussert (Expertus sum, esse

quandam in declinationibus varietatem, quae nec refractionibus nec parallaxibus tribui poteſt, ſine dubio *ad vacillationem aliquam poli terreſtris* referendam, cuius me veriſimilem dare poſſe theoriam obſervationibus munitam ſpero). Aber die damaligen Werkzeuge waren noch zu unvollkommen, um ſo feine Bewegungen mit entſcheidender Gewißheit anzugeben.

Jacob Bradley ſuchte ſich die kleine jährliche Bewegung der Fixſterne, die er durch ſeine Beobachtungen in den Jahren 1725 — 1728 entdeckte, anfänglich auch aus einem Wanken der Erdaxe zu erklären; er fand aber bald, daß die wahre Urſache eine andere ſey, ſ. Abirrung des Lichts. Bey den äuſſerſt feinen Beobachtungen nun, die er über dieſe Abirrung bis zum Jahre 1747 fortſetzte, ward er eine neue Verſchiedenheit in der Größe gewahr, um welche das Vorrücken der Nachtgleichen die Abweichungen der Fixſterne änderte.

Im Jahre 1727, da der aufſteigende Knoten des Monds den Frühlingspunkt traf, ſchien das Vorrücken der am Kolur der Nachtgleichen ſtehenden Sterne etwas größer, als ſonſt, geworden zu ſeyn; im Jahre 1732, da der Mondsknoten bis zum Winterpunkte zurückgegangen war, hatte es ſeine gewöhnliche mittlere Größe; in den folgenden Jahren ward es geringer bis 1736, da der Mondsknoten zur Herbſtnachtgleiche kam. In der folgenden Helfte des Umlaufs der Mondsknoten nahm es wieder zu, ſo daß es 1741 ſeine mittlere Größe erreichte, und 1745 am Ende von 18 Jahren wieder eben ſo groß, als 1727 war. Dabey hatten die Sterne, welche nahe am Kolur der Sonnenwenden ſtanden, ihre Abweichung von 1727 bis 1736 um 18″ weniger verändert, als es die mittlere Größe des Vorrückens erforderte; von 1736 bis 1745 hingegen veränderten ſie dieſelbe 18″ mehr, ſo daß ſie am Ende dieſer 18 Jahre, in welchen die Mondsknoten einen völligen Umlauf gemacht hatten, alle wieder in den vorigen Punkten des Himmels ſtanden, wenn dabey das Vorrücken der Nachtgleichen mit in Betrachtung gezogen ward.

Digitized by Google

Bradley ward bald überzeugt, daß dieſe Ungleichheit der Einwirkung des Monds zuzuſchreiben ſey. Dieſer hatte ſich im Jahre 1727, als ſeine Knoten die Nachtgleichen trafen, in ſeinen gröſten Breiten auf $28\frac{1}{2}$ ($23\frac{1}{2} + 5$) Grad weit vom Aequator entfernen können; da er hingegen 1736, als ſeine Knoten in die Sonnenwenden fielen, nie weiter, als $18\frac{1}{2}$ ($23\frac{1}{2} - 5$) Grad, vom Aequator abgehen konnte. Er hatte alſo, im Ganzen genommen, um 1727 unter einem weit größern Winkel, alſo viel merklicher, auf den Aequator der Erdkugel gewirkt, und daher das Vorrücken der Nachtgleichen weit mehr befördert, als dies um 1736 geſchahe. Da Bradley am Ende der Periode hierüber keinen Zweifel mehr behielt, ſo machte er dieſe ſcheinbare Bewegung der Fixſterne mit ihren Geſetzen 1748 in den Transactionen bekannt (Philoſ. Trans. Num. 485. überſ. im Hamburg. Magazin, III. B. 6 St. Num. 1).

Machin, damaliger Secretär der königlichen Societät, ſahe ſogleich, daß es zu Erklärung dieſer Bewegung mit allen ihren Folgen völlig hinreichend ſey, wenn man ſich vorſtelle, daß die Erdpole während der Umlaufszeit der Mondsknoten einen kleinen Kreis von 18″ im Durchmeſſer beſchrieben. Durch dieſe Vorausſetzung läſt ſich ſowohl das periodiſche Ab- und Zunehmen des Vorrückens der Nachtgleichen, als auch die durch das Wanken der Erdaxe verurſachte Aenderung der Schiefe der Ekliptik, nebſt den damit verbundenen Aenderungen der Längen, Rectaſcenſionen und Abweichungen der Geſtirne, am leichteſten erklären und berechnen.

Die Schiefe der Ekliptik wird durch das Wanken um 9″ vergrößert, wenn der aufſteigende Knoten des Monds im Widder iſt, weil ſich alsdann der Weltpol um den Halbmeſſer dieſes kleinen Kreiſes weiter vom Pole der Ekliptik entfernt hat; ſie wird hingegen um 9″ vermindert, wenn dieſer Knoten des Monds in die Wage fällt, und der Weltpol in dem entgegengeſetzten Punkte des kleinen Kreiſes ſteht. Dieſer letztere Fall wird 1792 eintreten, wo die Schiefe der Ekliptik, deren mittlere Größe jetzt etwa 23° 27′ 59″ zu ſetzen ſeyn möchte, das ganze Jahr hindurch

Digitized by Google

nur 23° 27′ 50″ betragen wird. Dagegen wird diese Schiefe im Jahre 1801 wieder über 23° 28′ steigen, obgleich ihre mittlere Größe bis dahin vielmehr abnehmen muß, s. Schiefe der Ekliptik.

Die umständliche Erklärung der Art und Weise, auf welche dieses Wanken durch die Gravitation des Erdsphäroids gegen den Mond hervorgebracht wird, macht eine sehr verwickelte Berechnung der physischen Sternkunde aus, von welcher d'Alembert (Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation. Paris, 1749. 4.) und de la Lande (Astron. L. XXII.) handlen. Hier ist es genug anzuführen, daß der Mond, welcher am Vorrücken der Nachtgleichen den stärksten Antheil von fast 34″ hat, diesen Antheil wegen seines verschiedenen Standes gegen den Erdäquator auf eine weit ungleichere Weise hervorbringt, als die Sonne den ihrigen, und daß er dadurch nicht allein ein beständiges Zurückgehen, sondern auch eine periodische Ungleichheit desselben und eine Verwendung der Axe bewirkt, welche ihre vorige Stellung wieder erhält, wenn die Mondsknoten zu den vorigen Punkten zurückkommen.

de la Lande astron. Handbuch, a. d. franz. Leipz. 1775. gr. 8. §. 794. u. f.

Wanken des Monds, Libration, s. Mond (Th. III. S. 276. 277).

Wasser, Aqua, *Eau.* Das Wasser in seinem gewöhnlichen Zustande, und in so fern es nicht mit andern Substanzen vermischt ist, zeigt sich als eine völlig farbenlose, durchsichtige, geschmack- und geruchlose, unentzündliche tropfbare Flüßigkeit. Unter dieser Gestalt besitzt es alle die Eigenschaften, welche bey dem Worte Flüßig (Th. II. S. 321.) als Kennzeichen tropfbarer Flüßigkeiten angegeben werden, und folgt in Absicht auf Druck und Bewegung den allgemeinen Gesetzen flüßiger Körper, welche in der Hydrostatik, Hydraulik und Hydrodynamik betrachtet werden. Diese Wissenschaften haben ihre Namen vorzugsweise vom Wasser (ὕδωρ) erhalten, welches dabey als die gemeinste unter allen flüßigen Materien betrachtet wird.

In dieser flüßigen Gestalt fällt das Wasser bey den gewöhnlichen Temperaturen als Regen aus dem Luftkreise herab, sammlet sich unter der Erdfläche in den Brunnen an, dringt aus der Erde in Quellen hervor, bildet die Bäche, Flüße, Seen und endlich das Meer, als eine allgemeine den gröſten Theil der Erdfläche bedeckende Wasserſammlung. In eben dieser Gestalt durchdringt es als Feuchtigkeit eine Menge anderer Körper, wird von den Thieren als Trank genossen, von den Pflanzen durch ihre Wurzeln eingesogen, und überhaupt in den meisten natürlichen Körpern angetroffen. Aber da es ein Auflösungsmittel vieler andern Stoffe, und besonders aller Salze ist, so wird es in der Natur selten ganz rein und ohne fremde Beymischung gefunden: nur das Regenwasser, mit gehöriger Sorgfalt aufgefangen, hat den Vorzug einer gröſsern Reinigkeit, s. Regen (Th. III. S. 649).

Dieser flüßige Zustand ist jedoch, wie alle Flüßigkeit, auch beym Wasser nur zufällig, und eine bloße Wirkung der Wärme. Sobald die fühlbare Wärme unter den 32sten Grad des fahrenheitischen Thermometers hinabfällt, wird das Wasser eben so fest, wie alle andere Körper, wenn ihnen der zur Schmelzung nöthige Grad der Wärme entzogen wird. In diesem festen Zustande heißt es Eis, und ist als solches bereits unter einem eignen Artikel betrachtet worden, s. auch Gefrierung. So gewöhnlich es seyn mag, sich das Wasser seiner Natur nach als flüßig zu denken, so richtig läst sich doch sagen, daß es nichts anders, als ein Eis sey, welches blos seiner Leichtflüßigkeit halber schon bey der geringern zum Wachsthume der Pflanzen nöthigen Wärme geschmolzen ist. Dem Sprachgebrauche und den Vorstellungen des gemeinen Lebens mag es angemessener seyn, das Eis ein gefrornes Wasser zu nennen: der Physiker aber kan mit eben so vielem Rechte alles Wasser als ein geschmolzenes Eis betrachten.

Im flüßigen Zustande wird das Wasser, wie alle bekannte Körper, durch gröſsere Wärme mehr ausgedehnt; aber der Gang dieser Ausdehnungen ist sehr ungleich, und beym Gefrieren selbst dehnt sich das Wasser vielmehr durch

Digitized by Google

die Abnahme der Wärme aus. Die Ursache dieser Ausdehnung, worinn sie auch immer bestehen mag, bewirkt schon in den nächsten Graden über dem Eispunkte eine merkliche Ausdehnung bey abnehmender Wärme. Wenn man z. B. ein Queckſilberthermometer und ein Waſſerthermometer, beyde von 80 Graden, welche zugleich auf Null ſtehen, mit einander vergleicht, ſo wird das Waſſer bis auf — ½ herabfallen, indem das Queckſilber von Null durch die vier erſten Grade der Scale ſteigt; alsdann aber wird es wieder bis 0 ſteigen, indem das Queckſilber von + 4 bis + 8 ſteigt. Das Waſſer hat alſo bey der Temperatur + 4 das kleinſte mögliche Volumen; und bey den Temperaturen 0 und + 8 gleiche etwas größere Volumina. Von + 8 bis zum Siedpunkte ſind die Ausdehnungen des Waſſers anfänglich ganz gering, werden aber nachmals bey den letztern Graden der Hitze deſto ſtärker. Wenn das Queckſilber auf 40 Grad kömmt, hat das Waſſer erſt 19,2 Grad erreicht: nachher aber werden ſeine Ausdehnungen ſo ſtark, daß in der Siedhitze beyde Thermometer zugleich 80 Grad erreichen. Dieſe ſchönen Entdeckungen ſind von Herrn de Lüc (Unterſ. über die Atmoſphäre, Th. I. §. 419. d. e.), der auch eine intereſſante teleologiſche Bemerkung darüber gemacht hat, ſ. **Teleologie**.

Im Ganzen genommen, iſt die Ausdehnung des Waſſers faſt 10 mal geringer, als die des Weingeiſts, indem ſie vom Eispunkte bis zum Siedpunkte nicht mehr, als 0,012 des Volumens beträgt.

Die Hitze von 80 Graden der reaumüriſchen (oder 212 der fahrenheitiſchen) Scale verwandlet beym gewöhnlichen Drucke der freyen Luft das Waſſer in einen elaſtiſchen Dampf, und verurſacht dadurch ſein Sieden, ſ. **Dämpfe**, **Windkugel**, **Sieden**. Bey ſtärkerm Drucke, z. B. in verſchloßnen Gefäßen, nimmt das Waſſer, ohne zu ſieden, weit höhere Grade der Hitze an; hingegen wird es bey geringerm Drucke, z. B. in ſehr verdünnter Luft, durch geringe Wärme, oft ſchon durch die Berührung der Hand, verdampft und zum Sieden gebracht. Es beſitzt alſo einen

ziemlichen Grad der Flüchtigkeit, deſſen Wirkungen nur durch äuſſern Druck zurückgehalten werden.

Die Dämpfe des Waſſers bringen durch ihre Elaſticität, wenn ſie eingeſchloßen ſind, ſehr gewaltſame Wirkungen hervor. Hiedurch entſtehen die heftigen Exploſionen des Waſſers, wenn es plözlich einer großen Hize ausgeſezt, und an freyer Verbreitung ſeiner Dämpfe gehindert wird, z. B. wenn man es in ein ſehr heiſſes Oel gießt, oder wenn man geſchmolzene und glühende Metalle in ein Gefäß ſchüttet, worinn ſich einige Tropfen Waſſer befinden. Hingegen kan das Waſſer bey chymiſcher Verbindung mit andern Körpern, z. B. mit dem Kalke und den fixen Laugenſalzen die ſtärkſte und plözlichſte Glühhize ohne Verplazung aushalten. Dies beweißt, daß es nicht eben allemal in großer Hize verdampft. Sein Verdampfen iſt eine Wirkung ſeiner Verbindung mit der Wärme, und fällt weg, wenn das Waſſer Stoffe antrift, mit denen es noch näher, als mit dem Feuer oder Wärmeſtof, verwandt iſt.

Endlich kan auch das Waſſer in der Glühhize die Luftgeſtalt annehmen, wenn ſeine Dämpfe durch glühende Röhren hindurch geleitet werden. Man hat alle Urſache zu glauben, daß ſich die Dämpfe nicht eher in ein permanent elaſtiſches Fluidum verwandlen, als bis ſie die glühende Stelle des Rohrs erreicht haben. Die Beſchaffenheit der erhaltenen Luft hängt von der Materie des Rohrs ab. Durch irdene Röhren erhält man phlogiſtiſirte, durch eiſerne Röhren oder Flintenläufe brennbare Luft (ſ. Achards Verſuche in Crells chem. Ann. J. 1785. B. I. S. 304 u. f. 387 u. f. 522 u. f.). D. Prieſtley verwandlete im J. 1785 reines Waſſer in permanente Luft, indem er es in irdenen Retorten mit lebendigem Kalke verband, und einer ſtarken Hize ausſezte. Die erhaltene Luft war zum Theil fixe, und insgeſammt von der Natur, daß ein Licht kaum in ihr brannte. Gebrauchte er gläſerne Retorten, ſo erhielt er blos Dämpfe und keine Luft, aus Flintenläufen aber brennbare Luft. Lavoiſier und Meusnier (Mém. de l'acad. des ſc. de Paris, 1781.) entwickelten vermittelſt eines eignen Apparats aus Waſſer, welches auf glühenden Eiſendrath getröpfelt ward, eine gro-

große Menge brennbarer Luft, wobey sich der Drath in einen feinen Eisenkalk verwandlete. Obgleich die Folgen, welche man aus diesen Versuchen gezogen hat, auf mannigfaltige Art von einander abweichen, so zeigen sie doch so viel, daß das Wasser fähig sey, in der Glühhitze durch irgend einen hinzukommenden Umstand eine permanente Luftgestalt anzunehmen, und sehr viele halten mit **Watt** und **Achard** die dephlogistisirte Luft für nichts anders, als ein reines luftförmiges Wasser, so daß nach dieser Meinung **Eis**, Wasser, Wasserdampf und reine Luft ein und ebenderselbe Stof sind, welcher blos nach dem Maaße seiner verschiedenen Verbindung mit der Wärme die eine oder die andere dieser vier Gestalten annimmt.

Gleichwohl führt dieser Stof nur unter seiner gewöhnlichen tropfbarflüßigen Gestalt den eigentlichen Namen des **Wassers**. Unter dieser Gestalt haben wir hier, was seine mechanischen Eigenschaften betrift, noch sein Gewicht und seine Elasticität zu betrachten, alsdann aber von den chymischen Untersuchungen seiner Natur, und den unternommenen Zerlegungen und Zusammensetzungen des Wassers das nöthigste hinzuzufügen.

Gewicht des Wassers.

Bey Vergleichung der eigenthümlichen Gewichte der Körper ist das Gewicht des Wassers der gemeinschaftliche Maaßstab, oder die Einheit, auf welche alle übrige bezogen werden, s. **Schwere, specifische**. Man muß also die Größe dieser Einheit in allgemein bekannten Gewichtsmaaßen bestimmen können, weil hievon die Berechnung aller absoluten Gewichte der übrigen Körper abhängt, wenn man dieselben aus ihren eigenthümlichen Schweren finden will.

Wolf (Nützl. Vers. Th. I. S. 12. 13.) bediente sich zu Abwägung des Wassers eines hohlen Würfels von Messingblech, dessen innerer Raum bis an die darauf verzeichneten Linien genau einen rheinländischen Cubikzoll faßte. Das Brunnenwasser, welches diesen Raum erfüllte, wog 495 Gran Medicinalgewicht, wobey die Wage so genau inne-

ſtand, daß noch 2 Gran Zulage einen Ausſchlag von 7 Graden bewirkten. **Wolf** beſtimmt alſo das Gewicht des rheinländiſchen Cubikſchuhes von dieſem Waſſer auf 495000 Gran, oder 64 Pfund (zu 16 Unzen), 7 Unzen, 2 Drachmen, und rechnet in ſeinen Schriften insgemein auf den Cubikſchuh Waſſer nach rheinländiſchem Maaße 64 Pfund Medicinalgewicht, ſ. **Pfund** (Th. III. S. 452).

Da ſich der rheinländiſche Schuh zum pariſer, wie 13913 : 14400 verhält, ſo wird das Gewicht eines pariſer Cubikſchuhes Waſſer gefunden, wenn man die Gewichtsangabe des rheinländiſchen (faſt 64½ Pfund) im Verhältniße der Cubikzahlen von 13913 und 14400 vergrößert. Dadurch findet man mit Hülfe der Logarithmen 71½ Pfund Medicinalgewicht, welches nach franzöſiſchem Troysgewichte ohngefähr 69¾ Pfund ausmacht. Die franzöſiſchen Schriftſteller ſetzen insgemein den pariſer Cubikſchuh Waſſer auf 70 Pfund Troysgewicht.

Noch andere Angaben dieſes Gewichts findet man beym **Snellius** (Eratoſth. Batav. Lugd. Bat. 1617. 4. L. II. p. 154), **Eiſenſchmidt** (De ponderibus et menſ. vet. Argentor. 1708. 8. p. 175.) u. a. Der letztere ſetzt das Gewicht des pariſer Cubikzolls

von Flußwaſſer	5	Gros	10	Gran	} im Sommer,
Brunnenwaſſer	5	—	11	—	
deſtillirt. Waſſer	5	—	8	—	

im Winter aber jedes um 3 Gran größer.

Wenn ſolche Angaben etwas beſtimmtes lehren ſollen, ſo muß dabey nicht nur die Beſchaffenheit des Waſſers, ſondern auch der Grad der Temperatur des Luftkreiſes angegeben werden. **Muſſchenbroek** (Introd. ad philoſ. nat. To. II. §. 1499.), der hierauf zuerſt gehörig geſehen hat, fand das Gewicht eines rheinländiſchen Cubikſchuhs Brunnenwaſſer in Troysgewichte

1740 bey 42 Grad Wärme	63 Pf.	2 Unz.	1 Dr.	4 Gr.
1743 . 33	63	4	4	16
1744 . 50	63	0	3	30¼
1752 . 46	63	3	4	48
Regenwaſſer	63	3	7	9
nach s'Graveſande . .	63	7	2	40
nach de Volder 686 .	63	4	7	36

Digitized by Google

Die neusten Versuche über das Gewicht des Wassers sind von Karsten (Anleitung zur gemeinnützl. Kenntniß der Natur. Halle, 1783. §. 42.) angestellt. Er versenkte einen mit Fleiß verfertigten aus sechs messingnen Platten zusammengesetzten Würfel, wovon jede Seite genau 2 rheinländische Decimalzolle lang war, in ganz reines destillirtes Wasser, wenn es die temperirte Wärme von 60 – 70 Graden nach Fahrenheit hatte, und fand, daß er dadurch 16 Loth 3 Qu. $1\frac{1}{2}$ Gran köllnisch (oder $4021\frac{1}{2}$ Gran) am Gewichte verlohr. Dieser Verlust ist dem Gewichte des Wassers in dem Raume des Würfels (welcher 8 Cubikzoll beträgt) gleich, s. Gleichgewicht (Th. II. S. 506). Daher wiegt ein rheinländischer Decimalcubikzoll Wasser $502\frac{1}{16}$ Gran köllnisch, welches nach dem Verhältniße 66949 : 65536 (oder fast 48 : 47) auf Medicinalgewicht reducirt, in letzterm $492\frac{1}{48}$ oder fast $492\frac{1}{2}$ Gran giebt. Daß Wolf 495 Gran fand, rührt wahrscheinlich davon her, weil er nicht destillirtes, sondern etwas schwereres Brunnen- oder Flußwasser untersuchte, auch vielleicht den Versuch in einer kältern Temperatur anstellte, bey welcher das Wasser dichter war, und mehr davon in den Raum eines Cubikzolls gieng, als bey größerer Wärme.

Diesen neusten Bestimmungen gemäß wiegt ein rheinländischer Cubikschuh reines destillirtes Wasser bey einer Temperatur von 64 — 66 Grad nach Fahrenheit in köllnischem Gewicht $502687\frac{1}{2}$ Gran, d. i.

65 Pfund, 14 Loth, 2 Qu., $7\frac{1}{2}$ Gran.

und in Medicinalgewicht $492229\frac{1}{2}$ Gran, oder

64 Pfund, 1 Unze, 3 Drachm., 2 Scrupel, $9\frac{1}{2}$ Gran.

Bey Karsten selbst (a. a. O.) und bey Herrn Gren (Anfangsgr. der Naturl. §. 242.) hat sich ein Rechnungsfehler eingeschlichen, durch den die Angabe nach köllnischem Gewicht um mehr als 13 Loth zu klein ausfällt.

Elasticität des Wassers.

Tropfbare Flüßigkeiten unterscheiden sich von Luft und Dämpfen durch einen weit geringern Grad von Elastici-

Digitized by Google

cität so merklich, daß man den letztern deswegen vorzugsweise den Namen elastischer Flüßigkeiten beygelegt, und ihre Gesetze in Absicht auf Druck und Bewegung in einen besondern Abschnitt der mechanischen Wissenschaften gebracht hat. Dies muste natürlich manche verleiten, den tropfbaren Liquoren, und insbesondere dem Wasser, die Elasticität ganz abzusprechen, zumal da man fand, daß alle solche Liquoren der Zusammendrückung durch äussere Gewalt einen fast unüberwindlichen Widerstand entgegensetzen. Hiedurch sind nun mancherley Behauptungen und Versuche über Elasticität und Compression des Wassers entstanden, deren Geschichte Herr Zimmermann in Braunschweig (Ueber die Elasticität des Wassers. Leipzig, 1779. gr. 8.) sehr schön zusammenfaßt.

Man hat für die Elasticität des Wassers ganz richtig den Grund angeführt, daß die unter einem spitzigen Winkel gegen dasselbe geworfenen Steine oder geschossenen Kugeln unter gleichem Winkel davon abprallen, und so über eine lange Wasserfläche hin mehrere Sprünge in flachen Bogen machen. Nach den Gesetzen des Stoßes kan ein solches Zurückspringen nur bey elastischen Massen statt finden. Dennoch scheint es nur der Elasticität einer einzigen von beyden sich stoßenden Massen zu bedürfen, wie z. B. ein vollkommen harter Körper von einer gespannten Saite, indem sie sich in ihre vorige Lage wiederherstellt, ganz gewiß würde zurückgeworfen werden, s. Zurückwerfung. Dieser Beweis allein würde folglich nicht entscheiden. Bellogradi (Della Riflessione de' Corpi dall Acqua etc. in Parma, 1753. 4.) hat ihn mit vieler Stärke vorgetragen; aber Spallanzani (Physikalische und mathematische Abhandlungen, 5te Abh. Vom Abprallen der Steine vom Wasser) bemerkt dagegen, es lasse sich dieses Abspringen völlig durch eine bloße Veränderung der Richtung erklären, welche durch den Widerstand des Wassers bewirkt werde. Er fügt dieser Bemerkung viele Versuche bey, welche beweisen, daß auch von weichem Thone, zähen Flußschlamme, frischen Eyerdottern und andern weichen Massen, die

man gewiß nicht für merklich elastisch ansehen kan, die Steine auf eine ähnliche Art abspringen.

Einen andern Beweis der Elasticität des Wassers hat man aus der Fortpflanzung des Schalles durch dasselbe hergenommen. Wenn man Kugeln, die an Fäden unter Wasser hängen, an einander schlägt, so hört man den Schall eben so deutlich, als wenn sie in der Luft zusammentreffen. Andere hieher gehörige Versuche sind bey dem Worte Schall (Th. III. S. 816.) angeführt. Man könnte gegen diesen Beweis einwenden, daß vielleicht nur die im Wasser enthaltene Luft das Mittel der Fortpflanzung des Schalles ausmache. Aber hiezu müste man eine solche Stellung der Lufttheilchen annehmen, daß sich dieselben von dem Orte der Entstehung des Schalles an, bis zur Oberfläche des Wassers in ununterbrochner Reihe berührten, welche Stellung überaus unwahrscheinlich wäre, und durch jede Bewegung unfehlbar zerrüttet werden müste. Um aber diesen Einwurf völlig zu heben, ließ Mollet (Mém. de l' acad. des sc. de Paris, 1743. p. 301 — 306.) einen Wecker unter solchem Wasser schlagen, welches er vorher mit möglichster Sorgfalt von aller Luft gereiniget hatte; er fand aber nicht die geringste Verminderung des Schalles. Musschenbroek (Introd. ad philos. nat. To. II. §. 2267.) wiederholte diesen Versuch, und es gelang ihm selbiger nicht nur mit Wasser, sondern auch mit andern Liquoren; ob er gleich daraus keinen Schluß auf die Elasticität des Wassers macht, gegen die er vielmehr gänzlich eingenommen ist.

Endlich scheint auch das Zusammenziehen durch die Kälte eine Compressibilität des Wassers zu erweisen; denn wenn es an sich möglich ist, daß die Masse desselben einen geringern Raum einnehmen kan, so sieht man nicht, warum sie sich nicht durch zureichende äussere Kraft in eben denselben sollte zusammendrängen lassen. Dennoch wirkt die Kälte anders, als äussere Kräfte; es bleibt also noch immer nöthig, durch wirkliche Versuche zu erweisen, daß das Wasser einer Zusammendrückung durch hinlängliche Gewalt fähig sey.

Digitized by Google

Einen ſolchen Verſuch erwähnt zuerſt der Kanzler Bacon (Nov. Organon in Opp. ex transl. *Arnoldi*. Lipſ. 1694. fol. p. 390). Er füllte eine hohle, ziemlich dicke bleyerne Kugel genau voll Waſſer, ſchmolz die Oefnung zu, hämmerte und preßte die Kugel flach, und berechnete, wieviel dadurch ihre Capacität ſey vermindert worden. Das Waſſer ließ ſich dieſem Verſuche nach auf einen gewiſſen Grad zuſammenpreſſen, drang aber zuletzt, wie ein feiner Thau, durch das Bley. Robert Boyle (Nova exp. phyſico-mech. de vi äeris elaſtica, Exp. XX. in Opp. var. Genevae apud S. de Tournes, 1680. 4. p. 55.) füllte ein zinnernes rundes Gefäß, woraus er die Luft gezogen hatte, mit Waſſer, trieb mit einer Spritze ſo viel Waſſer, als möglich, hinein, ließ es genau zuloͤthen, und ſchlug es an einigen Stellen mit einem hölzernen Hammer flach; wenn er alsdann eine Nadel durchs Zinn trieb und wieder auszog, ſo ſprang das Waſſer aus der kleinen Oefnung 2 — 3 Schuh hoch in die Luft. Muſſchenbroek ſchreibt dieſe Erfolge lediglich der Elaſticität des Bleyes und des Zinns zu, die ſich aber doch nachher bey andern ähnlichen Verſuchen nicht ſo ſtark gezeigt hat. Er führt übrigens an, daß Honoratus Fabri einen gleichen Verſuch, wie Boyle, mit einer bleyernen Kugel angeſtellt, und die Elaſticität des Waſſers gegen Magiotto eifrig vertheidiget habe.

Boerhaave (Elem. Chym. To. I. p. 563.) führt einen Verſuch des Duhamel mit einer goldnen Kugel an, in welcher ſich das Waſſer nicht habe zuſammendrücken laſſen. Dieſe Stelle des Duhamel hat Herr Zimmermann nicht auffinden können, wohl aber eine andere, wo von einer eiſernen Röhre mit Kolben oder Schrauben die Rede iſt (Imple tubum ferreum aqua, et embolum vel cochleam impone, hanc intra tubum adiges nunquam. *Duhamel* de conſenſu veteris et novae Philoſ. L. III. c. 4. ed. 1675. p. 433). Boerhaave hat ſeine Anführung des Duhamel und eines gewiſſen Colbert, der einen dem boyliſchen ähnlichen Verſuch mit einer bleyernen Kugel angeſtellt haben ſoll, aus des Wilhelm von Stair Phyſik genommen, welche 1681 engliſch, und 1686 in einer lateiniſchen Ueber-

ſetzung (Phyſiologia nova experimentalis. Lugd. Bat. 4.) herauskam.

Den gröſten Ruf haben die Verſuche der florentiniſchen Akademie del Cimento (Saggi di naturali Eſperienze, fatte nell' Acad. del Cim. in Firenze. 1661. fol. p. 197.) erlangt. Es ſind deren drey. Im erſten wurden zwo Glasröhren mit Kugeln zum Theil mit Waſſer gefüllt, oben mit einander verbunden, und die eine Kugel in Eis geſetzt, in der andern aber das Waſſer zum Kochen gebracht. Die Dämpfe dieſes Waſſers drückten nun heftig gegen das andere, das ſich in der eiskalten Kugel und Röhre befand, konnten es aber dennoch nicht tiefer hinab und zuſammendrücken, ſondern der Druck zerbrach vielmehr den Boden der kalten Kugel, und als man ſtatt der Glaskugeln kupferne nahm, preßten die Dämpfe das Waſſer durch die Löthung der kalten Kugel, und zerſprengten endlich die daran befindliche Glasröhre. Im zweyten Verſuche ward das in eine Glasröhre genau eingeſchloßne Waſſer durch hinzugegoßnes Queckſilber, deſſen Druck bis auf 80 Pfund (gegen 6 Pfund Waſſer) ſtieg, gedrückt, ohne daß ſich dabey die mindeſte Verringerung ſeines Volumens zeigte. Beym dritten Verſuche, welcher der bekannteſte iſt, ward eine dünne große von Silber gegoſſene Kugel genau mit eiskaltem Waſſer angefüllt, die Oefnung ſorgfältig verſchloſſen, und die Kugel gehämmert, um das Waſſer in einen engern Raum zu zwingen. Statt dieſes gehofften Erfolgs drang das Waſſer bey jedem Schlage durch die Poren des Metalls, wie Queckſilber, das durch Leder gepreßt wird. Durch dieſe Verſuche hielt man ſich berechtiget, die Compreſſibilität des Waſſers gänzlich zu läugnen.

Muſſchenbroek (Tentamina exper. natural. captorum in Acad. del Cim. Lugd. Batav. 1731. 4.) hat zu dieſen Verſuchen noch mehrere den baconiſchen ähnliche hinzugefügt. Zwo Kugeln, eine zinnerne und eine bleyerne, von 3 Zoll Durchmeſſer und 3 Lin. Metalldicke, wurden durch eine Seitenröhre ſehr genau mit Waſſer gefüllt, das unter der Luftpumpe von Luft gereinigt und beträchtlich kalt war. In die Röhre ward ſodann ein metallner Zapfen hineingetrieben, die Oefnung zugeſchmolzen, und die Kugel unter

einer ſtarken Preſſe durch Schrauben und Hebel zuſammengedrückt. Die Kugel, welche leer nur geringen Widerſtand gethan hatte, widerſtand angefüllt erſtaunlich. Sobald die mindeſte Zuſammenpreſſung ſtatt fand, drang das Waſſer gleich einem Thaue durch die Oefnungen des Metalls.

Hollmann (Sylloge Commentationum in Reg. Soc. recenſitarum. Gotting. 1762. p. 35.) erhielt um das Jahr 1752 von dem grosbritanniſchen Leibarzte Peter Shaw eine Maſchine, welche man in London gebraucht hatte, die Zuſammendrückung des Waſſers zu unterſuchen. Es war eine kupferne Kugel von 4 Zoll Durchmeſſer, in deren Oefnung man eine Schraube vermittelſt eines eiſernen Hebels mit Gewalt eintreiben konnte. Nachdem ſie genau mit Waſſer gefüllt war, und die Schraube eingetrieben ward, ſprang das Waſſer an verſchiedenen Stellen durch Oefnungen oder Ritzen des Metalls, wie aus einer Fontaine, hervor. Hollmann verſuchte nachher ebendaſſelbe mit Kugeln von Zinn und Bley, auch mit einer ſilbernen von $\frac{1}{10}$ Zoll Metalldicke. Der Erfolg war der nemliche, nur bey der ſilbernen Kugel drang das Waſſer nicht durch Riſſe des Metalls, ſondern öfnete ſich einen Weg zwiſchen den Schrauben.

Auch die Verſuche, das Waſſer in verſchloßnen Röhren durch Queckſilber zuſammenzudrücken, waren unter andern von Hamberger (Elem. Phyſices. Jenae, 1727. 8. p. 171.) und Nollet (Leçons de phyſ. exp. à Paris, 1743. To. I. p. 122.) wiederholt worden. Nollet nahm eine Röhre ABDC, Taf. XXVI. Fig. 68, von dickem Glaſe, 3 Lin. Weite im Lichten, und 7 Fuß Länge, in die er etwas Queckſilber ſchüttete, um die Krümmung BD anzufüllen. Auf dieſes Queckſilber goß er durch C Waſſer, und ſchmolz, wenn der Theil DC genau damit gefüllt war, die Oefnung bey C zu. Sodann goß er durch A nach und nach mehr Queckſilber hinzu, bis zur Höhe von 7 Fuß. Das Waſſer in DC ward aber durch den ſtarken Druck dieſer Queckſilberſäule nicht zuſammengepreßt, und ſeine Säule behielt unverändert ihre vorige Länge.

Man glaubte dieſen Verſuchen zufolge dem Waſſer alle merkliche Compreſſibilität abſprechen, mithin auch ſeine Ela-

Digitized by Google

sticität, welche jene voraussetzt, bezweifeln zu dürfen. Es ist aber leicht zu übersehen, daß bey den Zusammendrückungen in Kugeln die vermeinten Poren, durch welche das Wasser drang, nichts anders, als Risse des Metalls gewesen sind, welches zu dünn und zu schwach war, um der Gewalt des Drucks zu widerstehen, und daß bey Hambergers und Nollets Versuchen mit Glasröhren die Länge der Säule DC, Taf. XXVI. Fig. 68, viel zu klein ausfiel, als daß man sehr geringe Veränderungen ihres Volumens hätte wahrnehmen können; daher es allen diesen Versuchen an hinlänglicher Beweiskraft fehlet.

Canton (Experiments to prove, that water is not incompressible in Philos. Trans. Vol. LII. P. II. p. 640. Vol. LIV. p. 261. und im Neuen Hamburg. Magazin, XII. B. S. 360. 365.) fand dagegen im Jahre 1762, daß flüßige Materien in gläsernen Röhren, die sich unten in gläserne Kugeln endigen, bey einerley Grade der Wärme in den Röhren höher stehen, wenn man den obern Theil der Röhren luftleer gemacht und dann zugeschmolzen hat; hingegen niedriger, wenn die Luft der Atmosphäre noch darauf drücken kan. Durch sehr sorgfältige und oft wiederholte Versuche ergab sich, daß ein Druck, doppelt so groß, als das Gewicht der Atmosphäre, das Wasser um $\frac{1}{70\frac{1}{2}\,7\,0}$ seines Volumens zusammendrücke. Die im Wasser enthaltene Luft trug dazu nichts bey; denn die Wirkung blieb noch eben dieselbe, nachdem eine Luftblase in die Kugel gelassen, und binnen vier Tagen vom Wasser verschluckt worden war. Canton fand auch, daß das Wasser im Winter einer stärkern Compression fähig war, als im Sommer, welches sich hingegen beym Baumöl und Weingeist gerade umgekehrt verhielt. Bey 29½ Zoll Barometerhöhe und 50 Grad Temperatur nach Fahrenh. zeigten sich folgende Größen der Zusammendrückung durch das Gewicht der Atmosphäre

Weingeist	um	0,000066 des Volumens
Baumöl	.	0,000048 . . . .
Regenwasser		0,000046 . . . .
Seewasser	.	0,000040 . . . .
Queckſilber	.	0,000003 . . . .

Digitized by Google

Diese Größen nehmen nach der Ordnung ab, nach welcher die eigenthümlichen Gewichte der Materien zunehmen, wiewohl nicht in ebendenselben Verhältnißen. Alle diese Flüßigkeiten sind nicht allein compressibel, sondern auch elastisch, denn sie dehnen sich aus, so bald der Druck der Atmosphäre ꝛc. hinweggenommen wird.

Endlich ist auch die Compressibilität des Wassers durch unmittelbare Versuche mit Druckmaschinen vollkommen bestätiget worden. Herr Rudolph Adam Abich, Braunschweigischer Obersalzinspector, gab dazu um 1776 eine eigne sehr einfache Maschine an, die aus einem hohlen messingnen Cylinder mit einem äusserst genau passenden Stempel besteht. Die Dicke des Messings aber ist weit beträchtlicher, als bey den Kugeln der ältern unvollkommenen Versuche. Sie beträgt 1 Zoll 2½ Lin. nach braunschweigischem Duodecimalmaaße, und eben so groß ist auch der Durchmesser der innern Hölung. Diese Hölung ist aber im obern Theile, worinn der Stempel auf und abgeht, enger, und hat nur 9½ Lin. im Durchmesser. Der Stempel selbst ist von Eisen, und es liegen um ihn eilf in Talg gekochte stark geschlagne Leder, die mit zwoen eisernen Schrauben zusammengehalten werden. Er schließt so genau, daß man bey leerer Maschine 80 Pfund Gewicht anwenden muß, ihn niederzudrücken. Bey jedem Anfüllen des Stiefels mit einer Flüßigkeit muß die Maschine umgekehrt, und das Flüssige von unten eingefüllt werden, worauf der Boden durch einen konischen mit in Talg gekochtem Leder umlegten Zapfen verschloßen wird, auf den eine eiserne Platte passet, die man mit einer starken Schraube fest antreibt. Der Stempel kan durch eine Schraube mit einer Kurbel hineingepreßt werden; um aber die drückende Kraft genauer bestimmen zu können, hat sich Herr Zimmermann bey den Versuchen selbst eines Zapfens bedient, auf den ein eiserner am Ende mit Gewichten beschwerter Hebel drücken konnte. Uebrigens ist von dieser und andern ähnlichen Maschinen schon bey dem Worte Compressionsmaschine (Th. I. S. 531.) gehandlet worden.

Die Versuche, welche die Herren Abich und Zimmermann (Ueber die Elast. des Wassers. S. 68 u. f.) mit dieser Maschine in den Jahren 1777 — 1779 angestellt haben, setzen es ausser Zweifel; daß sich Wasser und andere liquoren durch hinlängliche Kraft merklich zusammendrücken lassen, und sich, wenn der Druck weggenommen wird, wieder in den vorigen Raum ausbreiten. Herr Zimmermann findet die Zusammendrückung von 26¾ Cubikzoll

	durch den Druck v. 745,181 Pf.	durch den Druck v. 2509,591 Pf.
Brunnenwasser	$\frac{1}{142,66}$	$\frac{1}{35,887}$
Saturirt. Salzwasser	$\frac{1}{103,43}$	$\frac{1}{33,909}$
Milch	$\frac{1}{213,21}$	$\frac{1}{38,695}$
Brantwein	$\frac{1}{124,78}$	$\frac{1}{41,664}$

wobey der Brantwein weniger compressibel, als das Wasser scheint, da hingegen Canton die Zusammendrückung des Weingeists stärker, als die des Wassers, angiebt. Der geringe Druck der Atmosphäre auf den Stempel betrug kaum acht Pfund, und war also 93 mal geringer, als der Druck von 745 Pfunden. Dürfte man annehmen, daß sich die Zusammendrückung, wie das aufliegende Gewicht verhalte, so würde aus diesen Versuchen folgen, der Druck des Luftkreises comprimire das Brunnenwasser um $\frac{1}{93.142,66} = 0,000075$ des Volumens. Dies weicht aber sehr von Cantons Resultaten ab; auch lehren die Versuche selbst deutlich, daß die Verhältnisse der Zusammendrückungen und der Gewichte beträchtlich verschieden sind.

Noch andere Versuche über die Zusammendrückung des Wassers und Queckſilbers hat der P. von Herbert (Diss. de aquae aliorumque nonnullorum fluidorum elasticitate. Viennae, 1774. 8.) angestellt. Herr von Servieres glaubte 1777 zu finden, daß ein Queckſilberthermometer horizontaliegend höher stehe, als in vertikaler Stellung, in welcher letztern die Säule durch ihr eignes Gewicht zusammengedrückt und verkürzt werde.

Eben so muß die Elasticität des Wassers jede Wassersäule unten etwas mehr, als oben, verdichten, weil die untern Theile das Gewicht der obern mit zu tragen haben. Dadurch müste nun die ganze Säule etwas kürzer werden, als sie sonst seyn würde, wenn das Wasser keiner Zusammendrückung fähig, und durchaus eben so dicht, als oben wäre. Canton berechnet aus seinen Versuchen, das Meerwasser müsse in einer Tiefe von 2 englischen Meilen um 0,013 seines Volumens mehr, als oben, zusammengedrückt seyn, welches die ganze Höhe des Meeres an dieser Stelle um 69 Fuß 2 Zoll niedriger machen würde. Herr Zimmermann erinnert, wenn es möglich wäre, den Druck des Wassers in einer großen Tiefe auf eine Grundfläche von bestimmter Größe durch wirkliche Beobachtung zu finden (wozu er Mittel vorschlägt), so würde sich daraus die Höhe berechnen lassen, die das Wasser bey durchaus gleicher Dichte haben müste. Vergliche man damit die durch das Senkbley gemessene wirkliche Höhe, so ließe sich finden, ob das Seewasser in der That unten zusammengedrückt sey.

Chymische Eigenschaften des Wassers.

Das Wasser ist ein Auflösungsmittel einer sehr großen Anzahl von Körpern. Es scheint eine gewisse Menge atmosphärischer Luft in sich, wo nicht aufgelöset, doch sehr fein zertrennt, enthalten zu können. Wenigstens giebt es kein Wasser in der Natur, welches nicht unter der Luftpumpe Luftblasen von sich geben sollte. Und wenn man es durch Auspumpen oder Kochen davon gereiniget hat, so nimmt es bey der Berührung mit der Atmosphäre die vorige Menge Luft bald wieder in sich; und eine Luftblase, die man in solches gereinigtes Wasser bringt, verschwindet, wenn sie nicht allzugroß ist, entweder sogleich, oder doch wenigstens nach Verlauf einiger Zeit.

Noch weit stärker erfolgt dieses mit einigen Gasarten, die sich so leicht im Wasser auflösen, daß man sie im Quecksilber-apparate sperren und aufbewahren muß, und die daher den besondern Namen der mit Wasser mischbaren Gas-

Digitized by Google

arten führen, ſ. Gas (Th. II. S. 352). Auch die Luftſäure oder fixe Luft, ob ſie gleich nicht mit zu dieſer Claſſe gerechnet wird, iſt dennoch im Waſſer auflöslich, und vermiſcht ſich beym Schütteln in ziemlicher Menge mit demſelben, ſ. Gas, mephitiſches, Parkeriſche Maſchine. Dieſe Luftſäure wird auch von Natur in vielen Waſſern angetroffen, ſ. Geſundbrunnen.

Unter allen bekannten Körpern löſet das Waſſer die Salze am leichteſten und häufigſten auf, ſo daß dieſe Eigenſchaft einen weſentlichen Charakter derſelben ausmacht. Da nun die Salze durch die ganze Natur verbreitet ſind, ſo greift das Waſſer die allermeiſten Körper an, in ſo fern ſie mit ſalzartigen oder nur den Salzen ähnlichen Theilen verbunden ſind. Auf dieſe Art werden ſelbſt die Erden mit dem Waſſer vereiniget, ob gleich ſonſt die Unauflöslichkeit im Waſſer zu ihren weſentlichen Kennzeichen gehört. So können ſich Kalkerde, Bitterſalzerde u. ſ. w. vermittelſt der Säuren, als Mittelſalze, im Waſſer auflöſen. Das hellſte und durchſichtigſte Waſſer hat doch immer Erden bey ſich, welche gewöhnlich durch Luftſäure damit verbunden ſind. Vielleicht ſind auch die reinen Erden nicht ganz unauflöslich im Waſſer, zumal wenn daſſelbe, wie im papiniſchen Topfe, von einer großen Hitze unterſtützt wird. Auch die metalliſchen Stoffe, nur Gold, Silber und Platina ausgenommen, werden vom Waſſer angegriffen, zumal wenn es auf ihre Flächen in Verbindung mit der Luft wirken kan.

Der Weingeiſt und andere brennbare Geiſter löſen ſich in jedem Verhältniße im Waſſer auf; die Aetherarten jedoch nur in beſtimmter Menge. Für die ſchleimigen, gummi- und gallertartigen Stoffe iſt das Waſſer ein eigenthümliches Auflöſungsmittel. Dagegen verbindet ſich daſſelbe ſchwerer mit Oelen, Harzen, Fetten, und andern brennbaren Stoffen, womit es jedoch durch Salze, als Zwiſchenmittel, vereiniget werden kan, wie mit den Oelen in den Seifen, mit dem Schwefel in den Schwefellebern u. ſ. w.

Man wird hieraus ſchließen, wie nützlich das Waſſer bey den meiſten chymiſchen Operationen ſey, wie ſelten es

aber auch in der Natur ohne fremde Beymischungen und Verbindungen mit andern Stoffen angetroffen werde. Selbst das atmosphärische Schnee- Regen- Hagel- und Thauwasser, wovon die beyden ersten Arten die reinsten sind, enthält noch immer etwas Kalksalz und Salpetersäure. Die Quell- und Brunnenwasser führen insgesammt Erden bey sich, deren Verbindung mehrentheils durch Luftsäure bewirkt wird, oder zwischen einer bloßen Vermengung und eigentlichen Auflösung das Mittel hält. Die Fluß- und stehenden Gewässer sind insgemein voll sichtbarer Unreinigkeiten. Die reinsten Quell- und Flußwasser sind die, welche über Sand, Sandstein und andere Kieselarten fließen, weil sich diese vom Wasser am wenigsten angreifen lassen, und dasselbe vielmehr seine erdigten und salzigen Stoffe an sie anlegen und sich dadurch von denselben reinigen kan.

Zu chymischen Operationen und solchen physikalischen Versuchen, wo reines Wasser als Maaßstab dienen soll, muß man **destillirtes Wasser** wählen. Man verschaft sich dasselbe, indem man Regen- Schnee- oder Brunnenwasser aus einer gläsernen Retorte im Sandbade, oder einer kupfernen Blase mit zinnernen Helme und Röhre bey mäßigem Feuer destillirt. Hiebey gehen die flüchtigen Beymischungen zuerst mit über, und die feuerbeständigen bleiben bis ans Ende zurück. Man erhält also ganz reines Wasser, wenn man die zuerst übergegangenen Antheile weggießt, und beym letzten Drittel oder Viertel die Operation abbricht. Dieses Wasser wird in reinen gläsernen Flaschen aufgehoben, die man aber nicht mit Kork verstopfen, sondern mit Papier bedecken muß.

Dieses destillirte Wasser verstattet man sich als einen immer gleichartigen Stof zu betrachten, und seine specifische Schwere, Wärme u. s. w. bey bestimmten Temperaturen = 1 zu setzen. Dennoch ist es nicht ganz rein; es leidet mit der Zeit eine gewisse Verderbniß, und wird alsdann von einigen gegenwirkenden Mitteln verändert (s. **Westrumb** physikal. chem. Abhandl. Heft 2. S. 207), welches ein ganz reines Wasser nicht thun sollte.

Digitized by Google

Bey seinen häufigen Verwandschaften mit mancherley Stoffen tritt das Wasser in viele Verbindungen, aus denen man es doch am Ende immer unverändert wieder erhält. Daß es durch den Wärmestof die Dampf- und Luftgestalt, und durch Entziehung der Wärme die Form eines festen Körpers erhält, ist schon im Anfang dieses Artikels angeführt worden. Es hängt sich an diejenigen Körper, mit denen es verwandt ist, an, benetzt dadurch ihre Oberflächen, und dringt in ihre Zwischenräume und feinen Gefäße als Feuchtigkeit ein. Bey Berührung mit der Luft ist es der Ausdünstung unterworfen, welche von einigen als wahre chymische Auflösung des Wassers in der Luft, von andern blos als Mengung eines vom Wärmestof aufgelöseten und in Dünste verwandleten Wassers mit der Luft, betrachtet wird, s. Ausdünstung, Dünste. Das in der Luft als Dunst oder Feuchtigkeit enthaltene Wasser theilt sich auch andern dieser Luft ausgesetzten Körpern mit, worauf die Phänomene der Hygrometer beruhen, s. Hygrometer. Diese Mittheilung dauret so lange, bis ein gewisses Gleichgewicht erreicht ist, und jeder Körper von der vorhandenen Feuchtigkeit den ihm zukommenden Antheil in sich genommen hat; eben so, wie die fühlbare Wärme sich unter ein System von mehrern Körpern vertheilt, s. Wärme, Wärme, specifische. Daher kömmt die Aehnlichkeit der hygrometrischen Phänomene mit den thermometrischen, und man kan sich hier eben so eine verschiedene Capacität der Stoffe gegen die Feuchtigkeit gedenken, wie man sich eine verschiedene specifische Wärme derselben vorstellt. Daß diese hygrometrische Affinität der Stoffe genau im Verhältnisse ihrer chymischen Verwandschaft mit dem Wasser stehen werde, ist gar nicht zu erwarten, da bey den hygrometrischen Erscheinungen Luft und Wärmestof ganz anders mitwirken, als bey unmittelbarer Berührung der Stoffe mit tropfbarem Wasser.

Das Wasser wird in einigen festen Körpern mit Verlust seiner tropfbaren Gestalt gebunden, und als ein fester Bestandtheil mit ihnen vereiniget. Dies geschieht z. B. bey dem Anschießen der Salze mit dem sogenannten Kry-

ſtalliſationswaſſer, und eben ſo findet man Waſſer bey der Zerlegung mancher Körper, in welchen vorher bey vollkommener Austrokknung nicht die mindeſte Spur einer tropfbaren Feuchtigkeit zu entdecken war, z. B. in hartem und troknem Guajakholze, in den Knochen und Hörnern der Thiere. So haben die meiſten organiſchen Körper, alle Kryſtalliſationen der Salze und der mehreſten Erden, Waſſer als einen weſentlichen Beſtandtheil in ſich. Sie verlieren daſſelbe durchs Feuer, oft auch ſchon durch die Anziehung der Luft, und verwittern oder zerfallen dadurch zu einem lockern undurchſichtigen Staube, der alsdann das tropfbare Waſſer, womit man ihn in Berührung bringt, mit vieler Kraft wieder anziehet und bindet. Ein deutliches Beyſpiel hievon giebt das Brennen und nachmalige Binden des Gypſes, das Verwittern und nachmalige Verhärten des Glauberſalzes u. ſ. w.

Aus allen dieſen Verbindungen läſt ſich das Waſſer wiederum ſcheiden. Man findet es alsdann, wenn es hinlänglich gereiniget iſt, immer in ſeiner vorigen Beſchaffenheit wieder. Man mag es für ſich, oder mit irgend einem Zwiſchenmittel, deſtilliren; ſo wird es doch allezeit ſich gleich bleiben, und nie in ſeinen weſentlichen Eigenſchaften die mindeſte Veränderung leiden.

Durch viele und oftmals wiederholte Deſtillationen eines und ebendeſſelben Waſſers, ingleichen durch Reiben im Mörſel, Schütteln, Fäulniß des Waſſers, haben zwar mehrere Naturforſcher, z. B. **Boyle** (De origine formarum in Opp. ed. Genev. 1680. 4. p. 259 ſqq.), **Geoffroy**, **Wallerius**, **Eller**, und vorzüglich **Marggraf** (Chemiſche Schriften, Th. I. Abhandl. XVIII. §. 6 u. f.) jederzeit etwas Erde erhalten. **Boyle** folgerte daraus eine Verwandlung des Waſſers in Erde, welcher Meinung auch **Newton** beytrat. Die ſchwediſchen Naturforſcher, beſonders **Celſius** und **Linné**, haben in der Folge eben daſſelbe behauptet, und daraus eine beſtändige Abnahme des Meeres und Vergrößerung der troknen Erdfläche herleiten wollen, ſ. **Meer** (Th. III. S. 185). Dagegen behauptete ſchon **Boerhaave**, und nachher **Pott**, daß dieſe Folge-

Digitized by Google

rung aus den angeführten Verſuchen nicht richtig fließe. Vornehmlich aber hat Lavoiſier (Mém. ſur la nature de l'eau et ſur les experiences, par lesquelles on a prétendu prouver la poſſibilité de ſon changement en terre in d. Mém. de l'acad. des ſc. à Paris, 1770. p. 73. Second Mém. p. 90. und in Crells chem. Journal, Th. III. S. 151 u. f.) durch eine Reihe überaus genauer Verſuche gezeigt, daß der kleine Antheil von Erde, den man bey jeder Deſtillation des Waſſers erhält, nicht vom Waſſer, ſondern vielmehr von den Gefäßen herkomme, als wovon er ſich durch Abwägung der letztern vor und nach jeder Operation überzeugt hielt. De Machy hat dieſe Verſuche wiederum beſtritten, und behauptet, daß der im Waſſer enthaltene Antheil von Säuren zu gering und überhaupt nicht im Stande ſey, die Kieſelerde der Glasgefäße aufzulöſen, welche auch hiebey ihre Durchſichtigkeit verlieren müſten; daß auch die aus dem Waſſer erhaltene Erde weit mehr am Gewichte betrage, als die Gefäße verlöhren (welche letztern man ſogar nach manchen Operationen ſchwerer, als vorher, finde) und daß ſie überdies in Säuren leicht auflöslich, mithin nicht die Kieſelerde der Gefäße ſey. Fontana (in *Rozier* Journal de phyſ. Mars. 1779. überſ. in den leipz. Sammlungen zur Phyſ. u. Naturg. II. B. 1. St. S. 39 u. f.) tadlet an de Machy Verſuchen, daß dabey die Communication zwiſchen der äuſſern Luft und dem Innern der Gefäße offen geblieben ſey, alſo die Luft fremde Stoffe habe herbeyführen können. Er ſelbſt fand die erhaltene Erde in Säuren unauflöslich, und von dunklerer Farbe im gemeinen, als im Kryſtallglaſe; ja in der einen Phiole von Kryſtallglas hatte ſich gar keine Erde erzeugt. Dies beſtimmt ihn, die erhaltene Erde nur vom Glaſe herzuleiten, wiewohl er geſteht, daß das Durchſichtigbleiben der Gläſer ein wichtiger Einwurf dagegen ſey, und die ganze Sache noch zweifelhaft bleibe.

Daß man durch bloßes Waſſer ohne alle Erde Pflanzen und Bäume zu einem merklichen Wachsthum bringen kan, iſt ein bekannter Verſuch, den nach Vanhelmont (Complexionum atque mixtion. elem. figmentum in Opp.

ed. Havn. 1707. p. 104.) auch Boyle, Eller (Mem. de l'acad. de Berlin, 1746. p. 45.), du Hamel (Physique des arbres, To. II. p. 198 sqq.) und Bonnet (Mém. presentés To. I. p. 420 sqq. ingl. Betrachtungen über die Natur, Leipzig, 1772. 8. S. 124 u. f.) angestellt haben. Auch hieraus hat man beweisen wollen, das reine Wasser könne sich in Erde, Salze, Oele ꝛc. verwandlen; wiewohl die meisten das Wachsthum der Pflanze lieber aus den dem Wasser beygemischten oder durch die Luft herbeygeführten erdigten und salzigen Stoffen erklären. Merkwürdige Versuche über das Wachsthum der Pflanzen in destillirtem Wasser von Herrn Hofmann finden sich in Herrn Grens Journal der Physik (Jahr 1791. 7tes Heft, S. 10 u. f.).

Daß das Wasser sich in Luft verwandlen lasse, glaubten schon die Alten durch die Phänomene der Aeolipile zu erweisen, s. Windkugel. Wolf (Nützl. Vers. Th. I. Cap. 7.) beschäftigt sich sehr mit Widerlegung dieser vermeinten Transelementation, indem er zeigt, daß der Dampf der Windkugel noch immer Wasser, und nicht Luft, sey, weil ihn die Kälte wieder zu Wasser verdichtet. Eben so zeigt er, der Dampf des Weingeists sey noch immer Weingeist, weil er sich entzünden lasse. Jetzt wissen wir, daß das Wasser allerdings die Luftgestalt erhalten könne, daß man aber dieses nicht für Verwandlung eines Elements in das andere, sondern blos für Aenderung der Form oder des Zustands zu halten habe.

Wegen seiner Unveränderlichkeit und Unzerlegbarkeit ist das Wasser von je her als eine einfache elementarische Substanz betrachtet worden. Macquer urtheilt, die Chymiker müsten es dafür wenigstens so lange halten, als noch kein Mittel, es zu zersetzen, bekannt sey. Die neusten Versuche der Scheidekünstler scheinen endlich auf eine Zerlegung und Zusammensetzung des Wassers zu führen, obgleich deren Gewißheit noch gar vielem Zweifel ausgesetzt ist. Indessen hat die daraus gezogne Folge, daß das Wasser ein zusammengesetzter Stof sey, einen so wichtigen Einfluß auf die neuern Systeme und Erklärungen, daß ich nicht umhin

kan, zum Schluſſe dieſes Artikels noch etwas hievon beyzubringen.

Verſuche über die Zerlegung und Zuſammenſetzung des Waſſers.

D. Prieſtley's Unterſuchungen der Gasarten hatten ſchon ſo manchen concreten Stof wider alles Erwarten in Luftform dargeſtellt, als Cavendiſh im Jahre 1782 auch das Waſſer in dieſer neuen Form entdeckte. Er hatte nemlich den Urſprung desjenigen Waſſers unterſucht, das man (nach einer von Warltire gemachten Beobachtung) allemal in den Gefäßen findet, in welchen Miſchungen von brennbarer und atmoſphäriſcher Luft verbrannt ſind, und dabey gefunden, daß eine Miſchung von brennbarer und dephlogiſtiſirter Luft in gehörigem Verhältniße, durch den elektriſchen Funken entzündet, ſich gänzlich in Waſſer verwandle. Um eben dieſe Zeit entdeckte auch Prieſtley, daß ſich reines Waſſer durch Verbindung mit lebendigem Kalke, oder in irdenen Retorten, Flintenläufen ꝛc. durch die Hitze in Luftarten verwandlen laſſe. Die Verſuche von Prieſtley ſind im dritten Bande ſeiner Verſuche und Beobachtungen über verſchiedene Gegenſtände der Naturlehre, und die von Cavendiſh in den philoſophiſchen Transactionen vom Jahre 1784 beſchrieben (ſ. auch Crells chemiſche Annalen, 1785. B. I. S. 324 u. f.).

Watt, der an dieſen Verſuchen viel Antheil genommen hatte, ſchloß daraus, das Waſſer ſey aus dephlogiſtiſirter und brennbarer Luft zuſammengeſetzt, die man ihrer latenten Wärme beraubt habe; und die dephlogiſtiſirte Luft ſelbſt ſey nichts anders, als ein ſeines Phlogiſtons beraubtes und mit Elementarfeuer und Licht verbundenes Waſſer, ein dephlogiſtiſirtes Waſſer in Luftgeſtalt. Er unterſtützte dieſe Theorie durch die Bemerkung, daß die Subſtanzen, aus denen man dephlogiſtiſirte Luft erhält, z. B. Salpeter, Alaun, Metallkalke, eine ſehr ſtarke Verwandſchaft mit dem Phlogiſton haben, mithin daſſelbe bey der Entwickelung der Luft an ſich behalten. Daraus erklärte er auch,

Digitized by Google

warum ſich das Waſſer nur in irdenen, nicht in gläſernen, Retorten in Luft verwandlen laſſe, weil nemlich die Subſtanz der Retorten das Phlogiſton in ſich nehme und im Glühen durchlaſſe, welches bey gläſernen Gefäßen nicht ſtatt finde. Inzwiſchen fand doch D. Prieſtley bey dieſer Theorie noch Schwierigkeiten, welche ihre Bekanntmachung verſchoben. Im Junius 1783 reiſete D. Blagden nach Paris, machte die franzöſiſchen Phyſiker mit dieſen Entdeckungen bekannt, und veranlaßte dadurch die merkwürdigen Verſuche der Herren Lavoiſier, de la Place, Meusnier und Monge (Mém. ou l'on prouve, que l'eau n'eſt pas une ſubſtance ſimple in dem erſt 1784 herausgekommenen Bande der Mém. de l'Acad. des ſc. à Paris. 1781. p. 269. ſqq. p. 488 ſqq.), deren Folgen man ſo innig mit dem antiphlogiſtiſchen Syſtem und der neuen chymiſchen Nomenclatur verwebt hat, und die ich hier, um der Kürze willen, ſo beſchreibe, wie ſie Lavoiſier in ſeinen Anfangsgründen der Chymie (Traité elementaire de chimie, preſentée dans un ordre nouveau, & d' après les découvertes modernes. à Paris. 1789. II. Vol. 8.) vorgetragen hat.

Man läſt eine Glasröhre in einer etwas geneigten Lage durch einen Ofen gehen, macht ſie glühend, leitet durch ſie von oben herein die Dämpfe einer bekannten Quantität Waſſers, das in einer gläſernen Retorte in beſtändigem Kochen erhalten wird, fängt das, was aus dem untern Ende des glühenden Glasrohrs ausgeht, in einer ſpiralförmig gewundenen gläſernen Röhre auf, und leitet es durch dieſelbe in eine Flaſche, welche durch ein anderes Rohr mit einem pneumatiſch-chymiſchen Apparate verbunden iſt. Wenn man nun die ſchiefliegende Glasröhre blos glühend macht, und die Dämpfe des Waſſers in der Retorte ſo hindurchtreibt, ſo kühlen ſich dieſelben in der ſpiralförmigen Röhre ab, und verdichten ſich wieder zu Waſſer, welches in die Flaſche hinabtröpfelt. Am Ende findet man alles Waſſer in der Flaſche wieder, ohne daß ſich ein Gas entwickelt hat, und dieſe Operation iſt eine bloße Deſtillation des Waſſers.

Bringt man aber in das ſchiefliegende Glasrohr 28 Gran gröblich zerſtoßene wohl ausgeglühte Kohle, und fängt

alsdann eben dieſe Operation an, ſo iſt am Ende derſelben die Kohle verſchwunden; man findet auch nicht das ganze übergetriebne Waſſer in der Flaſche wieder, ſondern es fehlen daran 85,7 Gran. Dagegen iſt jetzt eine ziemliche Menge Gas entſtanden, welches ſich im pnevmatiſchen Apparate geſammlet hat, und aus 100 Gran Luftſäure (*gas carbonique*) und 13,7 Gran einer ſehr leichten brennbaren Luft beſteht, mithin gerade ſo viel wiegt, als das verlohren gegangne Waſſer und die Kohlen zuſammen (85,7 + 28 = 113,7). Lavoiſier ſchließt hieraus, daß die 85,7 Gran Waſſer durch dieſen Proceß zerſetzt worden ſind, und alſo vorher aus 72 Gran dephlogiſtiſirter Luft (oder vielmehr Oxygen, als der Baſis derſelben) und 13,7 Gran Baſis der brennbaren Luft, beſtanden haben. Die 28 Gran Kohlen haben ſich nach ſeiner Erklärung mit den 72 Gran Oxygen zu 100 Gran Luftſäure oder Kohlengas verbunden.

Bringt man ſtatt der Kohle in das Glasrohr 274 Gran kleine ſpiralförmig gewundene Bleche von ſehr weichem Eiſen, ſo findet man am Ende der Operation dieſes Eiſen verkalkt, mit einer Gewichtszunahme von 85 Gran. Das Waſſer iſt nicht mehr völlig vorhanden, ſondern man bemerkt daran einen Abgang von 100 Gran. Im pnevmatiſch-chymiſchen Apparate findet ſich jetzt blos ein ſehr leichtes brennbares Gas, welches nur 15 Gran wiegt. Hieraus wird nun wiederum der Schluß gezogen, daß die verlohren gegangenen 100 Gran Waſſer zerſetzt worden ſind, zuvor aber aus 85 Gran Oxygen und 15 Gran Baſis der brennbaren Luft beſtanden haben.

Dieſen Schlüſſen zufolge wird das Waſſer als eine aus zwo Beſtandtheilen zuſammengeſetzte Subſtanz angeſehen. Der erſte Beſtandtheil iſt die Baſis der reinen Luft, oder das ſogenannte Oxygen, der andere die Baſis der brennbaren Gasarten, welcher die Urheber der neuen Nomenclatur den Namen des Hydrogens, oder waſſererzeugenden Grundſtofs (*principe hydrogène*) beylegen, ſo wie ſie die brennbare Luft ſelbſt *Gas hydrogène* nennen. Von dieſem Hydrogen nimmt Lavoiſier an, daß es für ſich allein, bey dem Drucke der Luft und den Temperaturen, wor-

inn wir leben, nie anders, als im Zuſtande eines Gas erſcheinen könne.

Es wird aber dieſe Behauptung von den Beſtandtheilen des Waſſers auch durch die Zuſammenſetzung beſtätiget. Man küttet auf einen gläſernen, etwa 50 Pinten Waſſer faſſenden, Ballon eine Kupferplatte auf, durch welche 4 Röhren gehen. Die erſte Röhre kan mit einer Luftpumpe verbunden werden, um den Ballon von Luft auszuleeren. Die zweyte Röhre geht in ein Behältniß mit dephlogiſtiſirter, die dritte in eines mit brennbarer Luft. Dieſe drey Röhren ſind mit Hähnen verſehen. Die vierte Röhre iſt von Glas und enthält einen Metalldrath mit einem kleinen Knopfe, um daraus gegen die Oefnung der metallnen Röhre, aus welcher die brennbare Luft ausfährt, innerhalb des Ballons einen elektriſchen Funken ſchlagen zu laſſen. Die Luftarten, die man in dieſen Ballon leitet, müſſen ſo trocken, als möglich, ſeyn (weil ſonſt der ganze Verſuch nichts beweiſen würde), daher man ſie durch trokne Blättererde oder troknen ſalzſauren Kalk leitet. Auch dürfen ſie keine Luftſäure enthalten.

Man bringt nun die erſte Röhre an die Luftpumpe, leeret den Ballon aus, und läſt durch Oefnung der Hähne dephlogiſtiſirte und brennbare Luft, doch allemal mehr von der erſtern, ein. Wenn man nun das Gemiſch durch den elektriſchen Funken entzündet, ſo kan man auf dieſe Art die Verbrennung ſehr lange unterhalten. So wie dieſe fortdauert, ſetzt ſich an der innern Fläche des Ballons Waſſer ab, welches ſich endlich in großen Tropfen vereiniget, und auf dem Boden ſammlet. Durch Abwägung des Ballons vor und nach der Operation kan man das Gewicht dieſes geſammleten Waſſers beſtimmen. Auch bey dieſem Verſuche verſichern **Lavoiſier** und **Meuſnier** in Gegenwart mehrerer Commiſſarien der Akademie aus 85 Theilen Oxygen und 15 Theilen Hydrogen, dem Gewichte nach 100 Theile Waſſer erhalten zu haben. Sie glauben daher, es ſey durch Zerlegung ſowohl, als durch Zuſammenſetzung, erwieſen, daß das Waſſer aus Oxygen und Hydrogen beſtehe, welche beyde Stoffe abgeſondert eine ſo ſtarke Verwand-

Digitized by Google

ſchaft zum Wärmeſtof *(Calorique)* hätten, daß ſie nie anders, als unter der Geſtalt von Gasarten erſcheinen könnten. Lavoiſier hält dies für ſo ausgemacht, daß er ſich wundert, wie dieſe Wahrheit bisher dem aufmerkſamen Auge der Naturforſcher und Chymiſten habe entgehen können.

Cavendiſh trägt ſeine Verſuche in dem LXXIVſten Bande der Transactionen vor, und begleitet ſie mit einer Theorie, welche ſich von Watt's oben angeführter blos darinn unterſcheidet, daß Cavendiſh die Wärme nicht als eine eigne Subſtanz anſieht, die durch ihre Verwandſchaft in die Zuſammenſetzung der Luftarten eingehe, ſondern ſie blos als einen Zuſtand der Körper betrachtet. Entkleidet man den Vortrag von den Hypotheſen, die jedem dieſer Phyſiker beſonders eigen ſind, ſo ſtimmen Cavendiſh, Watt und Lavoiſier ganz in den Satz überein, das Waſſer ſey zuſammengeſetzt aus den Grundtheilen oder wägbaren Subſtanzen der dephlogiſtiſirten und der brennbaren Luft.

Dieſe Entdeckung ward von den Phyſikern mit ganz ausgezeichnetem Beyfall aufgenommen. Herr de Lüc (Neue Ideen über die Meteorologie, II. Th. §. 688.) nennt ſie, nachdem er ihre Geſchichte ausführlich erzählt hat, den erſten Stral von wahrem Lichte in der Meteorologie, und die Morgenröthe eines großen Tages. Er bedient ſich ihrer ſehr ſinnreich, um begreiflich zu machen, wie das Waſſer im Luftkreiſe, ehe es als Regen herabfällt, lange Zeit die Geſtalt irgend einer Luftart haben, und ſich in dieſer Form dem Hygrometer entziehen könne, woraus er einige ſonſt räthſelhafte Erſcheinungen erklärt, ſ. Regen; er gebraucht ſie auch zu ſeinen Theorien des Feuers und der Verbrennung, ſ. Feuer.

Es iſt aber dieſe Waſſererzeugung aus reiner und brennbarer Luft bey weitem noch nicht ſo feſt beſtätiget, daß man ſie mit Lavoiſier zur Stütze eines ganz neuen Syſtems der Chymie annehmen kan. D. Prieſtley, der ſich nicht von dem Verdachte hatte losreiſſen können, daß das erzeugte Waſſer in den vermiſchten Luftarten bereits als Waſſer befindlich geweſen ſey, troknete dieſe Luftarten vor dem Verſuche ſorgfältig, indem er ſie mit fixem Salmiak über Queck-

Digitized by Google

silber einschloß. Nach dieser Vorbereitung erhielt er durch die Verbrennung weit weniger Wasser, als das Gewicht der vermischten Luftarten betrug, und es zeigte sich nunmehr dabey eine wahre Salpetersäure (Philos. Transact. Vol, LXXVIII. p. 147 — 157), dergleichen auch Cavendish bey diesem Processe bereits wahrgenommen hatte, s. Gas, phlogistisirtes (Th. II. S. 409 u. f.), und wenn der Versuch in kupfernen Gefäßen angestellt ward, so war das erhaltene Wasser blau. Hiemit stimmen auch die Versuche der Herren van Marum, D. Deimann und Troostwyk in Amsterdam (s. Gothaisches Magazin, IV. B. 4 St. S. 154.), le Febre de Guineau (ebend. VII. B. 1 St. S. 1 u. f.), nebst allen denjenigen überein, welche Priestley (Philos. Trans. Vol. LXXVIII. P. II. p. 404 sqq. LXXIX. p. 7 sqq.) und Cavendish selbst (Phil. Trans. Vol. LXXVIII. P. II. p. 260.) weiterhin angestellt haben. Diesemnach erweisen die Versuche nur, daß sich das Wasser mit den Luftarten verbinden und ihre Gestalt annehmen könne, nicht aber, daß es selbst aus den Grundtheilen mehrerer Luftarten zusammengesetzt sey.

Priestley bemerkt, man wisse längst, daß das Wasser in die Zusammensetzung aller Luftarten komme, und die eigentliche Basis derselben ausmache. Dieser Satz, der sich weit wahrscheinlicher behaupten lasse, mache es ganz überflüßig, an eine Zusammensetzung des Wassers aus zwoen Luftarten zu denken, und die Lehre vom Phlogiston zu verwerfen, die doch alle neuentdeckte Thatsachen eben so leicht erkläre.

Nun schreibt zwar Cavendish die gefundene Salpetersäure einem Antheile phlogistisirter Luft zu, der unter der dephlogistisirten befindlich sey, und Lavoisier erklärt sie seinem System gemäß eben so aus einem Antheil von Azote, mit welchem sich das Oxygen zu Salpetersäure verbinde; man muß aber bey dieser Erklärung annehmen, daß jede dephlogistisirte Luft einen Antheil von phlogistisirter bey sich führe, auf welche Art und aus was für Stoffen sie auch bereitet sey.

Digitized by Google

Die angegebnen Zerlegungen des Wassers durch Verbrennung der Kohle und Verkalkung des Eisens in glühenden Röhren, beweisen nur alsdann etwas, wenn man sie nach dem antiphlogistischen System auslegt. In der phlogistischen Theorie kan man mit eben so viel Rechte sagen, das Wasser erhalte durch die Glühhitze bey Berührung des Eisens oder der Kohle die Luftform, bewirke als reine Luft die Verkalkung und Verbrennung, und bleibe im Eisenkalke mit Vermehrung des Gewichts zurück, dagegen das Phlogiston des Metalls und der Kohle die brennbare Luft bilden helfe, u. s. w. Hierauf also das antiphlogistische System stützen, ist ein wahrer Cirkel im Beweisen.

Auch ist diese Zusammensetzung des Wassers keineswegeges fähig, alle Erscheinungen zu erklären. Die Versuche können höchstens nur beweisen, daß reine und brennbare Luft bey ihrer Entzündung Wasser geben. Man ist aber bey einer großen Menge von Erscheinungen genöthigt anzunehmen, daß sie dergleichen schon durch ihre bloße Vermischung geben, welche Voraussetzung auf keine Thatsachen gegründet ist.

Es ist sehr lehrreich, Priestley's Einwürfe gegen die Wassererzeugung zu lesen, welche Herr Gren (Journal der Physik, 1790. 4tes Heft, S. 66 u. f.) aus dem 78sten Bande der Transactionen mittheilt. Wie weit Herr de Lüc seine anfängliche Bewunderung dieser Entdeckungen anjetzt herabstimmt, findet man ebendaselbst (5tes Heft. S. 252 u. f. 6tes Heft. S. 402. 7tes Heft. S. 132.) in dreyen Briefen dieses Gelehrten an de la Metherie, deren Inhalt uns noch viele Aenderungen in seiner Theorie des Feuers erwarten läst. Inzwischen verschwinden darum seine schönen Hofnungen für die Meteorologie noch nicht; diese beruhen lediglich auf der Entdeckung des Wassers in Luftgestalt, welche hinlänglich erwiesen, und von der Zusammensetzung aus Oxygen und Hydrogen ganz unabhängig ist.

Den Herren Paets von Troostwyk, Deimann und Cuthbertson ist es nur vor kurzem gelungen, aus destillirtem und sorgfältig von Luft gereinigten Wasser in einer Glasröhre, durch den elektrischen Schlag von einem

Digitized by Google

Quadratfuße belegter Fläche, eine Luft zu erhalten, welche sich am obern verschloßnen Ende der Glasröhre ansammlet, und wenn die Säule so lang geworden ist, daß die Entladung nun durch die Luft selbst geht, entzündet wird und verbrennet (s. *Rozier* et *de la Metherie* Journal de phys. Novemb. 1789. ingl. Cuthberrsons Brief in den leipziger Sammlungen zur Physik und Naturg. IV. B. 4 St. S. 453 u. f.). Da nun jede der Entzündung fähige Luft gewöhnlich aus dephlogistisirter und brennbarer besteht, so hat man diesen Versuch als eine Bestätigung der neuern Meinungen angesehen, und aus ihm wiederum gefolgert, der elektrische Schlag zerlege das Wasser in diese beyden Luftarten, als in seine Bestandtheile. Herr de Lüc aber zeigt in den erwähnten Briefen an de la Metherie, daß dieses noch gar nicht folge, und vielmehr dasjenige System weit wahrscheinlicher sey, welches das Wasser als den alleinigen wägbaren Bestandtheil aller Luftarten ansieht, und zur Bildung derselben Feuer mit Licht begleitet, z. B. Glühen, Sonnenstralen, elektrische Funken u. s. w. erfordert.

Bis jetzt ist man wenigstens noch nicht genöthigt, von der Meinung der Alten, daß das Wasser ein einfacher elementarischer Stof sey, abzugehen. Vielmehr läst es sich sehr wohl vertheidigen, daß dasselbe einen Bestandtheil, wie der meisten Körper, so auch der Luftgattungen, ausmache, und vorzüglich, wie Herr Achard, Westrumb und viele andere Naturforscher glauben, die Basis der reinen dephlogistisirten Luft sey.

Gren Grundriß der Naturlehre. Halle, 1788. 8. §. 242. 566 u. f.

Wolf Nützliche Versuche. Halle, 1721. 8. Th. I. S. 12. 13.

v. Muſſchenbroek Introd. ad philos. nat. Lugd. Bat. 1762. 4maj. To. II. Cap. 27. De Aqua, §. 1418. sqq.

Karsten Anleit. zur gemeinnützl. Kenntniß der Natur. Halle, 1783. 8. §. 42.

E. A. W. Zimmermann. über die Elasticität des Wassers. Leipzig, 1779. gr. 8.

Macquer chymisches Wörterbuch, Art. Wasser.

Gren system. Handbuch der ges. Chemie. I. Th. Halle, 1787. gr. 8. S. 232—238.

Digitized by Google

de Lüc neue Ideen über die Meteorologie, a. d. frz. II. Th. Berlin u. Stettin, 1788. gr. 8. S. 153 u. f.

Gren Journal der Phyſik, an den angeführten Stellen.

Waſſer, mineraliſche, ſ. Geſundbrunnen.

Waſſerfall, Cataracta, *Caſcade*, *Cataracte d'eau.* Das Herabſtürzen der Bäche und Flüße an Stellen, wo das Flußbett durch ſteile Abhänge unterbrochen wird. Solche Fälle finden ſich mehrentheils in den gebirgigen Gegenden, nicht weit vom Urſprunge der Flüße; weil weiterhin das Flußbett regelmäßiger wird, und zuletzt mit einem ſanften und faſt durchaus gleichförmigen Abhange bis zum Meere fortgeht. So ſtürzen in der Schweiz der Staubbach bey Lauterbrunn, die Piſſe-vache und andere Bergwaſſer, von ziemlichen Höhen herab; und der Rhein hat noch bey Schafhauſen einen Fall von 80 Fuß und einen andern bey Laufenburg.

Bey den Alten werden die Katarakten des Nils (Catadupae) als ſehr anſehnlich vorgeſtellt (Vbi Nilus ad illa, quae *Catadupa* nominantur, praecipitat ex altiſſimis montibus, ea gens, quae illum locum accolit, propter magnitudinem ſonitus ſenſu audiendi caret. *Cic.* Somn. Scip. ingl. *Plin.* H. N. V. 9. VI. 29. *Seneca* Quaeſt. nat. IV. 2. *Ammian. Marcellin.* XXII. 34. 36). Einer der beträchtlichſten jetzt bekannten Waſſerfälle iſt der des Flußes Niagara in Canada, der ſich 156 pariſer Fuß hoch faſt ſenkrecht hinabſtürzt, und an dieſem Orte faſt eine Viertelſtunde Weges breit iſt. Dieſer Fall zertrennt das Waſſer durch Schlagen und Stoßen ſo fein, daß ein Dunſt oder Nebel davon bis an die Wolken aufſteigt, den man auf 5 Stunden weit ſehen kan, und in dem ſich, weil er aus feinen Tröpfchen beſteht, im Sonnenſcheine die ſchönſten Regenbogen bilden. Im Grunde entſtehen durch den Sturz des Waſſers ſo ungeheure Wellen, daß der Fluß auf 6 Meilen weit nicht zu befahren iſt. In der Nähe iſt das Getös ſo ſtark, daß man nichts anders hören kan (ſ. Philoſ. Trans. 1721. Num. 381. p. 69). Der gröſte unter allen iſt der Fall des Bogocas bey St. Magdalena, den **Bouguer** (Voyage au

Perou p. 91.) beſchreibt, und ſeine Höhe auf 2—300 Toiſen angiebt.

Buffon bemerkt (Hiſt. naturelle To. I.), daß in den wenig bewohnten und uncultivirten Ländern der Boden überhaupt ungleicher ſey, und die Flußbetten weiter, unregelmäßiger und voller Wäſſerfälle gefunden werden. Es habe Jahrhunderte erfordert, die Rhone und Loire ſchifbar zu machen, und ihnen durch gehörige Leitung, Einſchränkung und Reinigung ihrer Bette einen ſichern Lauf zu geben. Ueberall, wo Cultur durch Menſchen fehle, falle die Natur ins Rohe und Ungeheure.

Briſſon Dictionnaire raiſ. de Phyſ. Art. *Cataracte d'eau.*

Waſſergleich, ſ. Horizontal.

Waſſerhammer, Pulshammer, Aqua pulſans in tubo ab äere vacuo, *Marteau d'eau.* Dieſen Namen giebt man einer luftleeren hermetiſch verſchloßnen Glasröhre, in welcher ſich etwas Waſſer befindet. Die Röhren ſind gewöhnlich 10 bis 12 Zoll lang, am obern Ende in eine Spitze ausgezogen, am untern etwas ſtark an Glaſe, und in Form einer Halbkugel abgerundet oder mit einer angeblaſenen Kugel verbunden.

Um ſie zu verfertigen, wird zuerſt die Röhre bereitet, und am untern Ende mit der gehörigen Glasdicke zugeſchmolzen, oder mit der Kugel verbunden. Man bringt alsdann ſo viel Waſſer hinein, als in der Röhre einen Raum von 3 — 4 Zoll einnimmt, und erhitzt daſſelbe über Kohlenfeuer bis zum Kochen und zur Verdampfung. Wenn die Dämpfe ſtark genug aufſteigen und zum obern Ende herausgehen, mithin alle über dem Waſſer befindliche Luft durch die Gewalt derſelben heraus getrieben iſt, ſo zieht man an einer Lampe das obere Ende der Röhre in eine Spitze, und ſchmelzt dieſelbe plötzlich zu. Durch das Erkalten verdichten ſich die eingeſchloßnen Dämpfe wieder zu Waſſer, und man erhält eine völlig verſchloßne Röhre, in der ſich über dem Waſſer luftleerer Raum befindet.

Digitized by Google

Wenn man dieſe Röhre langſam umkehrt, daß das Waſſer an das ſpitzige Ende läuft, alsdann aber daſſelbe durch ſchnelles Umkehren auf einmal gegen den Boden der Röhre zurückfallen läſt, ſo ſchlägt es ſehr ſtark, wie ein feſter Körper oder Hammer, gegen den Boden, verurſacht einen ſehr lauten Schall, und zerbricht das Glas, wenn es unten nicht ſtark genug iſt. Dieſe Wirkung erklärt ſich ſehr leicht aus der unmittelbaren und plötzlichen Berührung, welche im luftleeren Raume zwiſchen dem Glaſe und Waſſer ſtatt findet; da hingegen, wenn die Röhre voll Luft iſt, die fallende Waſſerſäule durch das Ausweichen der Luft getrennt wird, alſo den Boden nicht auf einmal erreichen, auch nicht unmittelbar berühren kan, weil die letzten ausweichenden Luftheile gleichſam wie ein elaſtiſches Polſter zwiſchen dem Waſſer und Glaſe liegen, und den Stoß des erſtern auffangen. Man hat neben dem Waſſerhammer gewöhnlich noch eine zweyte der vorigen ganz gleiche Röhre, aus der aber die Luft nicht vertrieben iſt. In dieſer fällt das Waſſer nur mit einem ſchwachen Geräuſch und ohne alle Gewalt herab, wenn es im Waſſerhammer laut und gewaltſam anſchlägt.

Eben das erfolgt in jedem Barometer, wo der Raum über dem Queckſilber luftleer iſt, wenn man die Queckſilberſäule durch ſtarke Bewegung an das obere Ende der Glasröhre anſchlagen läſt. Ein plötzliches Umkehren des Barometers würde die Röhre mehrentheils zerbrechen. Eben ſo ſchlägt auch das Queckſilber in luftleeren Thermometern und in den luftleeren Glasröhren, in denen es im Dunkeln leuchtet (Queckſilber-Phosphoren, ſ. Elektricität, Th. I. S. 736.) an die Enden der Röhren an.

Auſſerdem kan man am Waſſerhammer zeigen, daß das Waſſer bey weggenommenem Drucke der Luft in ſehr geringer Wärme kocht. Wenn er recht luftleer iſt, ſo muß ſchon eine warme Hand ſein Waſſer zum Kochen bringen, ſ. Sieden.

Sigaud de la Fond Dict. de phyſ. Art. *Marteau d'eau.*

Waſſerhoſe, Waſſerſäule, Wetterſäule, Seehoſe, Waſſertrompete, Nubis pendula, Columna, Preſter, Turbo aqueus, Tuba, *Trombe de mer*. Man giebt dieſe Namen einem fürchterlichen Meteor, bey welchem ſich eine ſtärkere oder ſchwächere Waſſerſäule in Form eines umgekehrten Kegels oder Sprachrohrs, mit Geräuſch von einer Wolke herab gegen das Meer erſtreckt (bisweilen auch umgekehrt eine aus dem Meere emporſteigt), von einem Orte zum andern fortrückt, ſich in einem Wirbel drehet, und auf den Schiffen, oder, wenn ſie das Meer verläßt, auf dem feſten Lande große Verwüſtungen anrichtet. Auch auf dem Lande entſtehen zuweilen, wiewohl ſeltner, dergleichen **Wetterſäulen** oder **Wetterwirbel** (Preſter ſ. Turbo terreſtris, *Trombe de terre*), wobey ſich entweder die herabgeſtreckte Wolke oder die erhobene Säule von Staub, Sand und Erde mit ſchnellem Wirbeln fortbewegt, und Häuſer, Bäume, nebſt allem, was ſie ſonſt auf ihrem Wege antrift, mit ſich fortreißt und zerſtöret.

Eine Beſchreibung dieſes Meteors findet man ſchon beym **Lukrez** (De nat. rer. L. VI. v. 423. ſqq.); neuere ſehr merkwürdige in **Dampier's** Reiſen (Voyage round the world in der Collection of Voyages. London, 1729. 8. Vol. I. p. 452. Vol. III. p. 182.), und den philoſophiſchen Transactionen (Vol. XXII. Num. 270. p. 805, Vol. XXIII. Num. 277. p. 1077, Vol. XXVIII. Num. 428. p. 78, Vol. XLVI. N. 493. p. 248, Vol. XLVII. p. 477.), aus welchen die Abbildungen beym **Muſſchenbroek** (Introd. ad phil. nat. To. II. Tab. LX.) und **Bergmann** (Phyſical. Beſchreib. der Erdkugel a. d. ſchwed. durch **Röhl**. Greifsw. 1780. gr. 8. Th. II. Taf. I. Fig. 3.) genommen ſind; ferner in den Abhandlungen der pariſer und ſchwediſchen Akademien der Wiſſenſchaften (Hiſt. de l'acad. des ſc. 1727. p. 4, 1741. p. 20, 1764. p. 32, Schwediſche Abhdl. XII. B. 1750. S. 285), und aus dieſen zuſammengetragen beym **Franklin** (Exp. and obſerv. on electricity. Lond. 1769. 4. p. 231. ſqq.) und **Reimarus** (Vom Blitze. Hamburg, 1778. 8. §. 155. u. f.) Auch **Forſter** (Reiſe um die Welt in den J. 1772—1775. Berlin, 1778. 4. B. I. S. 144. u. f.) beſchreibt eine ſolche

Digitized by Google

Waſſerſäule. Von Wetterwirbeln auf dem Lande finden ſich ähnliche Beſchreibungen (Phil. Trans. Vol. XXIII. N. 281. p. 1248, N. 284. p. 1331, Vol. XXX. N. 363. p. 1097. — Hiſt. de l'acad. des ſc. 1725. p. 4, 1727. p. 5, 1758. p. 19), auch von Dryfhout (Haarlemer Verhandlingen, III Deel, p. 321.) und Boſcowich (Beſchreibung eines merkwürdigen Wetterwirbels in Rom, im Hamburg. Magazin B. X. S. 523). Von einer Waſſerhoſe auf der Elbe bey Altona, die hernach über Land gieng, ſ. Gothaiſches Magazin für das Neuſte a. d. Phyſ. III. B. 3. St. S. 178.

Die Säule hat oft mehrere Toiſen, bisweilen über 50, im Durchmeſſer, und breitet ſich oben gegen die Wolke trichterförmig aus. Wenn ſie aus dichtem Waſſer beſteht, iſt ſie durchſichtig; mehrentheils aber inwendig hohl, und von auſſen mit einer Menge zertheilter Tropfen umgeben, die rings um ſie einen Regen verbreiten, durch den ihr Anſehen trüb und dunkel wird. Das Meer ſcheint unter ihr aufzuwallen, und einen Rauch von ſich zu geben, welcher nach der Säule zu in die Höhe ſteigt. Ihre Stellung iſt bisweilen lothrecht, bisweilen ſchief oder krummlinigt. Ihre Dauer iſt ſehr verſchieden: oft verſchwindet auch eine, und es kommen ſo fort an eben demſelben Orte andere wieder. Forſter ſahe eine ſolche Säule mit einem Blitze verſchwinden. Die Schiffer pflegen gegen die Waſſerhoſen zu feuern, um ſie dadurch zu zerſtören. Man hat auch geſagt, ſie zerſtreueten ſich, wenn man ſcharfe Meſſer oder Degenklingen daran brächte; wenigſtens führt dieſes Beccaria an.

Muſſchenbroek erklärt die Waſſerhoſen ſo, wie die Wetterwirbel auf dem Lande, aus dem Zuſammentreffen zweener entgegengeſetzten Winde, welche eine Wolke zwiſchen ſich comprimiren, einen Theil derſelben zu Waſſer verdichten, und dieſes ſchnell im Wirbel umtreiben. Andoque (Hiſt. de l'acad. des ſc. 1727. p. 5.) hat faſt eben dieſe Erklärung, nur nimmt er nicht entgegengeſetzte, ſondern parallele Winde an, welche eine Wolke zwiſchen ſich faſſen. Dieſen Erklärungen aber ſteht entgegen, daß ſich die Waſſerhoſen faſt immer nur bey vollkommner Windſtille zeigen. Dampier führt an, daß 1674 an der Küſte von

Digitized by Google

Guinea eine Wasserſäule nahe beym Schiffe zerplatzte, und das erhobne Wasser, wie eine große Last, ins Meer zurückfiel. Bey dieſem Zerplatzen ward zwar das Schif von einem ſtarken Windſtoße auf die Seite geworfen und in etwas beſchädiget; aber es war auch augenblicklich aller Wind vorüber. Dagegen müſten Winde, die ſo gewaltſame Wirkungen hervorbringen ſollten, weit anhaltender und in einem großen Umfange zu ſpüren ſeyn.

Andere haben dieſes Meteor von Ausbrüchen unterirdiſcher Dämpfe herleiten wollen. Daraus würde man höchſtens die emporſteigende Säule (*trombe aſcendante*), nicht aber die aus der Wolke herabgeſenkte, erklären können; auch ſteht das Fortrücken der Waſſerſäule entgegen, da die Dämpfe doch nur an einer unbeweglichen Stelle ausbrechen könnten. Eben ſo wenig kan man die Urſache in dem Aufſteigen einer untern wärmern Luftſchicht durch die obere kältere, oder in dem Niederfahren der obern durch die untere, ſuchen: denn auch dabey müſte, wenn einmal der Durchbruch entſtanden wäre, ein heftiger Wind auf allen Seiten zu ſpüren ſeyn. Vielmehr zeigt die fortgehende Bewegung offenbar, daß die wahre Urſache in der fortſchreitenden Wolke liege.

Beccaria (Elettriciſmo artificiale e naturale, 1753. 4. und Lettere dell' elettriciſmo, in Bologna, 1758. 4.) hat mit ſehr viel Wahrſcheinlichkeit die Wetterſäulen für ein elektriſches Phänomen erklärt, welches durch die Anziehung zwiſchen der Wolke und der See oder dem Erdboden entſtehe. Eben dieſes haben **Franklin**, **Wilke**, **Briſſon** (Sur une eſpece de meteore connu ſous le nom de trombe in Mém. de l'acad. de Paris, 1767.), **Reimarus**, **Cavallo** u. a. nachher noch mehr beſtätiget.

Das Waſſer hebt ſich, wenn der Knopf eines elektriſirten Leiters darüber gehalten wird, und **Cavallo** (Vollſt. Abhdl. von der Elektricität, der Ueberſ. 3te Aufl. S. 200.) gründet hierauf einen Verſuch, der im Kleinen die Waſſerhoſe ähnlich genug nachahmt. Bringt man einen großen Waſſertropfen auf den Knopf einer iſolirten geladenen Flaſche, und nähert ihm den Knopf einer andern Flaſche, wel-

Digitized by Google

che auf die entgegengeſetzte Art geladen iſt, ſo wird er auf eine ſehr ſeltſame Art hinweggeſpritzt. Hängt ein Waſſertropfen an dem Knopfe eines elektriſirten Leiters, ſo dehnt er ſich kegelförmig aus, wenn man einen mit der Erde verbundenen platten Leiter dagegen bringt. Giebt alſo eine einzelne ſtark elektriſirte Wolke dem Waſſer oder Erdboden durch ihren Wirkungskreis die entgegengeſetzte Elektricität, ſo wird zwiſchen beyden eine ſtarke Anziehung entſtehen, welche die Wolke kegelförmig herabzieht, das Waſſer aber oder leichte Körper dagegen emporhebt, bis ſich beyde ihre Elektricitäten entweder durch unmittelbare Berührung, oder durch einen Blitz, mittheilen, wodurch die Erſcheinung augenblicklich aufhört, und der obere Theil der Säule in die Wolke zurückgezogen wird, indem der untere auf einmal herabfällt.

Inzwiſchen ſind hiemit noch nicht alle Umſtände dieſer Erſcheinung erklärt. Noch bleibt es dunkel, woher die heftige Wirbelbewegung komme, welche die Haupturſache der gewaltſamen Wirkungen iſt. Dieſe Bewegung iſt unläugbar, und durch alle Beobachtungen beſtätiget. Man hat geſehen, daß feſte Körper in der aufſteigenden Waſſerſäule wie in Schraubengängen in die Höhe getrieben wurden, und bey den auf dem Lande emporſteigenden Staubſäulen fällt dies ſo deutlich in die Augen, daß das ganze Phänomen daher den Namen des **Wetterwirbels** oder **Windwirbels** (turbo) erhalten hat. **Cavallo** führt zwar an, es ſey Herrn **Becket** (Eſſay on Electricity, p. 141.) zuweilen gelungen, auch durch die Elektricität ſolche Wirbel von Papierſpänen, Spreu oder Kleyen hervorzubringen, wenn er zwey iſolirte mit Stanniol überzogene Breter 4 — 5 Zoll weit übereinander geſtellt, beyde auf entgegengeſetzte Art elektriſirt, und auf das untere leichte Körper geſtreut habe. Aber es ſey eine Erſcheinung, die ſich nicht nach Gefallen hervorbringen laſſe, und von irgend einem unbekannten Umſtande, entweder im Grade der Anziehung, oder der Menge der Kleyen, oder dem Abſtande der Breter, abhängen möge. Dennoch iſt dieſe Bewegung gerade das hauptſächlichſte bey den Waſſerhoſen. Nur durch ſie übt die

Säule eine Gewalt aus, welche die bloße elektrische Anziehung nie zu bewirken vermöchte.

Reimarus wagt es zwar nicht, die Ursache dieser Wirbelbewegung zu erforschen, glaubt aber doch, daß sie in der Wolke liege und durch die Elektricität erregt werde, wenn gewisse noch unbekannte äussere Umstände mitwirken. Dryfhouts Beobachtung, bey der die umdrehende Bewegung in der Wolke selbst noch vor Entstehung des Schweifs wahrgenommen ward, scheint dieses zu bestätigen. Reimarus macht hieraus begreiflich, warum die Wettersäulen nie bey starken Stürmen entstehen, weil letztere die Umdrehung um eine bestimmte Axe stören: ingleichen, warum die Wetterwirbel nicht bey jedem Gewitter und in manchen Meeren und Gegenden öfter, als in andern, entstehen, weil die zur Wirbelbewegung nöthigen Umstände nicht immer und an manchen Orten mehr, als an andern, vorhanden seyn können. Er begegnet endlich den Einwürfen, daß nicht alle Wasserhosen mit Blitzen aufhören, und manche auch nach erfolgter Berührung des obern und untern Theils noch immer fortdauren, indem er bemerkt, daß man die Blitze vielleicht nicht allemal sehe, und die heftige Bewegung auch nach aufgehobner Anziehung noch eine ziemliche Zeit wegen der Trägheit fortdauern könne.

v. Muſschenbroek, Introd. ad philoſ. nat. To. II. §. 2371. u. f.

Prieſtley Geſch. der Elektricität durch Krünitz, S. 237. u. f.

Reimarus vom Blitze, §. 155. u. f.

Waſſerſchraube, archimedeiſche, Waſſerſchnecke, Cochlea Archimedis, *Vis d' Archimede*. Eine zu Erhebung des Waſſers dienende Maſchine, welche aus einer hohlen Röhre oder einem Canale beſteht, der nach Art eines Schraubengangs um eine ſchiefliegende Spindel AB, Taf. XXVI. Fig. 69, gewunden iſt. Wenn die untere Oefnung dieſer Röhre C unter dem Waſſer ſteht, ſo tritt dieſes nach hydroſtatiſchen Geſetzen von ſelbſt ein und füllt einen Theil der Röhre. Wird nun die Spindel

AB durch eine Kurbel oder andere Vorrichtung so umgedreht, daß die Oefnung C bey der Bewegung vorangeht, so wird das eingetretene Wasser, welches sich immer in dem untersten Theile eines jeden Schraubenganges aufhält, nach und nach durch alle Schraubengänge geführt und bey D ausgegossen. Man kan sich vorstellen, als ob eine schiefe Fläche unter ihm hinweggeschoben würde, indem es durch sein eignes Gewicht immer unten an der Linie C D erhalten wird.

Die Erfindung dieser Wasserschraube wird gewöhnlich dem **Archimedes** zugeschrieben, wiewohl sie nach andern schon den ältern Egyptiern zu Austrocknung der vom Nil überschwemmten Wiesen gedient haben soll. Da es schwer ist, bleyerne Röhren ꝛc. schraubenförmig um Spindeln zu führen, so baut man lieber ein Gefäß, wie eine Tonne, worinn Schaufeln nach Art einer Wendeltreppe um die Spindel herumgehen (s. **Leupold** Theatr. mach. hydraul. P. I. Cap. IV. §. 67.). Bey A und B werden Zapfen angebracht, deren unterer im Wasser steht, so daß sich alles um die Axe A B frey drehen kan. Die Umdrehung kan durch Menschen oder vermittelst Rad und Getriebe durch Pferde und andere Kräfte geschehen. In Holland werden die Schnecken unter dem Namen der **Tonnenmühlen** häufig zu Austrocknung der Wiesen gebraucht, und durch Windflügel umgetrieben. Sie heben aber immer nur auf eine mäßige Höhe, daher mehrere über einander gesetzt werden, wenn man das Wasser hoch heben will. Zwischen den Gängen der ersten Röhre kann man noch eine zweyte, dritte ꝛc. um die Spindel winden, woraus **doppelte, dreyfache Wasserschnecken** entstehen.

Die Theorie dieser Maschine hat viele Schwierigkeiten. **Bernoulli** (Hydrodyn. Sect. IX. §. 27. p. 183. sqq.) und **Pitot** (Mém. de Paris, 1736.) haben angefangen, sie genauer zu entwickeln. **Euler** (Nov. Comm. Petrop. To. V. p. 259 sqq.) treibt die Untersuchung etwas weiter, hat sie aber nicht vollendet, vielmehr für sehr schwer erklärt. Dies bewog die Berliner Akademie, den Preis für 1766 auf die Ausführung dieser Theorie zu setzen. Herr **Hennert** (Diss.

Digitized by Google

sur la vis d'Archimede, qui a remporté le prix de l'acad. de Berl. 1766.) erhielt zwar den Preiß; Karsten hat aber sehr gegründete Erinnerungen gegen seine Sätze gemacht, und glaubt, am Ende könne man mit Bernoullis und Pitots Theorie in der Ausübung zufrieden seyn. Auch Bellogradi (Theoria cochleae Archimedis ab observationibus, experimentis et analyticis rationibus ducta. Parmae, 1767.) hat eine Theorie der Wasserschraube gegeben.

Wenn die Schraube Wasser heben soll, so muß der Neigungswinkel ihrer Grundfläche gegen den Horizont größer seyn, als der Winkel der Schraubenlinie mit dem Umfange der Grundfläche, d. i. es muß ACH > ECA seyn. Vitruv (De architect. X. 11.) giebt ECA = 45°, und die Schiefe der Spindel so groß, daß sie mit der Wasserfläche und dem Bleylothe ein rechtwinklichtes Dreyeck bildet, dessen Seiten sich wie 5, 4, 3 verhalten, woraus ACH = 53° 7′ + folgt. Man nimmt nach Bernoulli an, die Grundfläche AC stehe nicht ganz unter Wasser, in welchem Falle die Schraube nicht beständig schöpft, so wie sie auch nicht beständig ausgießt, sondern nur dann, wenn die Oefnung D in dem untersten Theile ihres Umlaufs ist. Nach Herrn Hennerts Theorie sollte es zwar vortheilhafter seyn, die ganze Grundfläche unter Wasser zu stellen: aber Karsten findet nicht nur manches Fehlerhafte in den Rechnungen selbst, sondern bemerkt auch, es scheine natürlich, daß nicht soviel Wasser bey jedem Umlaufe aus einem Schraubengange in den andern übertreten könne, wenn Luft und Wasser inwendig einander ausweichen müssen, als in dem Falle, wenn die Grundfläche nicht ganz unter Wasser steht, und also die Luft, welche die obern Theile der Gänge füllt, allemal durch die untere Mündung eintreten kan.

Karsten Lehrbegrif der gesamten Math. Sechster Theil, Greifsw. 1771. 8. XXXVI u. XXXVII. Abschnitt.

Wasserwage, Horizontalwage, Bleywage, Schröt-Setzwage, Libella, Libra aquaria (*Vitruv.*), *Niveau*. Ein Instrument, wodurch sich eine richtige Horizontallinie angeben, und nöthigenfalls auf eine große Ent-

Digitized by Google

fernung verlängern läſt. Es giebt mehrere Arten ſolcher Werkzeuge; die gewöhnlichſten beſchreibt Leupold (Theatr. Statici univerſalis P. IV. ſ. Theatrum horizontoſtaticum. Leipzig, 1726. fol.).

Die allergemeinſten ſind die Schrot- oder Setzwagen der Bauleute, Müller u. dgl. an welchen ein Bleyloth ſo angebracht iſt, daß es auf einen gewiſſen bezeichneten Punkt einſpielt, wenn es gegen die Grundfläche des Inſtruments lothrecht gerichtet iſt. In dieſer Lage iſt alsdann die Grundfläche horizontal, und jede in ihr gezogne Linie eine Horizontallinie, ſ. Horizontal. Solcher Setzwagen findet man mehrere beym Leupold (Tab. I u. II.) abgebildet.

Picard (Traité du nivellement, à Paris, 1684 und 1728. 12. überſ. von Paſſavant: Des Herrn Picard Abhandl. von Waſſerwägen. Berlin, 1749. 8. und mit neuen Beyträgen von Lambert, 1770. 8.) verbindet eine ſolche Setzwage mit Dioptern ſo, daß das Bleyloth, wenn es auf das gehörige Zeichen einſpielt, ſenkrecht auf der Viſirlinie der Dioptern ſteht. Alsdann kan man durch die Dioptern weit hinaus viſiren, und verſichert ſeyn, daß die Punkte, auf die man trift, in der verlängerten Horizontallinie durchs Auge liegen. (ſ. Leupold Tab. I). Weil aber hier ſcharfe Beſtimmungen nöthig ſind, ſo pflegt man ſtatt der Dioptern lieber ein Fernrohr mit dem Fadenkreuze anzubringen (*niveau à lunettes*) ſ. Fernrohr (Th. II. S. 203). Dabey muß die Einrichtung ſo getroffen ſeyn, daß das Bleyloth, wenn es den gehörigen Punkt trift, mit des Fernrohres Axe genau rechte Winkel macht. Eine Verbeſſerung dieſer picardiſchen Waſſerwage findet man auch bey le Febure (Nouveau traité du nivellement. à Potsdam, 1752. 8.) und bey Böhm (Gründliche Anleit. zur Meßkunſt auf dem Felde. Frf. am Mayn, 1759, 2te Aufl. 1779. 4. Anhang von Waſſerwägen, §. 119.

Eine andere Claſſe machen die Hängwagen aus, welche aufgehangen ſich durch ihr eignes Gewicht ſo ſtellen, daß die Schärfe eines daran befindlichen Lineals, die Viſirlinie der Dioptern, oder die Axe eines angebrachten Fernrohrs,

Digitized by Google

in eine horizontale Lage kömmt. Huygens hat eine solche mit einem Fernrohre angegeben (s. Leupold). In der Ausübung möchte wohl diese Einrichtung die wenigste Genauigkeit gewähren.

Die eigentlich sogenannte **Wasserwage** (*Niveau d'eau*) besteht aus einer metallnen Röhre, deren beyde Enden offen und unter rechten Winkeln umgebogen sind. In jedes Ende wird eine 3—4 Zoll lange Glasröhre eingekittet, so daß beyde Glasröhren mit der metallnen communicirende Röhren bilden. Man gießt durch die eine Röhre soviel gefärbtes Wasser ein, daß dasselbe auch in die andere tritt. Wenn dieses Wasser ruhig steht, so müssen sich seine Oberflächen in beyden Glasröhren in einerley Horizontalebne befinden, s. **Röhren, communicirende.** Man kan nun die Wage auf ein Gestelle bringen, und auf demselben Punkte bezeichnen, durch welche eine mit der Visirlinie oder Axe des Fernrohrs genau parallele Linie läuft. Stehen alsdann die beyden Wasserflächen an den bezeichneten Punkten selbst, oder auch nur gleich weit über oder unter denselben (welches man vermittelst angebrachter Scalen bemerken kan), so ist die Visirlinie der Ebne durch beyde Wasserflächen parallel, mithin horizontal.

Die **Wasserwage mit der Luftblase** (*Niveau à bulle d'air*) besteht aus einer gläsernen cylindrischen Röhre, welche man fast ganz, und nur bis auf einen kleinen Raum, in welchem Luft geblieben ist, mit gefärbtem Wasser oder Weingeist gefüllt, dann aber verschlossen hat. Die zurückgelassene Luft wird in dieser Röhre allezeit die höchste Stelle einnehmen, mithin bey schiefer Lage nach dem höhern Ende zu gehen, bey horizontaler Lage aber in Gestalt einer Blase in gleicher Entfernung von beyden Enden bleiben. Bezeichnet man nun die Mitte der Röhre durch ein Merkmal, so liegt ihre Axe horizontal, wenn die Blase bey diesem Merkmale steht. Um das Reiben der Luftblase am Glase zu vermeiden, lassen einige den Raum der Blase lieber luftleer.

Der Physiker, der die Wasserwage nur gebraucht, um die Flächen seiner Werkzeuge wagrecht zu stellen, kan sich

Digitized by Google

dazu der meisten bisher beschriebenen Instrumente bedienen. Man prüft den wagrechten Stand einer Ebne, indem man die Wasserwage nach zwoen verschiedenen Richtungen auflegt, die einander ohngefähr rechtwinklicht durchschneiden. Findet man die beyden Linien horizontal, die sich nach diesen Richtungen auf der Ebne ziehen lassen, so ist auch die ganze Ebne wagrecht. Dieses doppelte Auflegen erspart folgende sehr bequeme Wasserwage, die Herr Mayer (Gründlicher und ausführl. Unterricht zur praktischen Geometrie. I. Theil, Göttingen, 1777. 8. S. 378) beschreibt. Taf. XXVI. Fig. 70. ist das cylindrische Gefäß A mit einem Glasdeckel bcd versehen. Es wird ganz mit Wasser oder Weingeist gefüllt, und mit dem Deckel fest verschlossen; durch den Boden geht ein kleines Schräubchen g. Dieses kan man öfnen, ein Tröpfchen Wasser aus dem Gefäße herauslassen, und die Oefnung wieder verschließen. Statt des ausgelassenen Wassers wird sich oben unter dem Glasdeckel ein Bläschen zeigen. Ist nun dieser Deckel genau mit der Grundfläche des Gefäßes parallel, und man setzt das Gefäß auf eine ebne Fläche, so wird das Bläschen i unter dem Mittelpunkte des Glasdeckels erscheinen, wenn die Fläche horizontal ist: denn alsdann wird diese ebne Fläche mit der Wasserfläche im Gefäße parallel seyn. Bey jeder andern gegen den Horizont geneigten Lage wird das Bläschen nicht unter dem Mittelpunkte des Glasdeckels bleiben. In diesem Falle muß man die Fläche so lange wenden, bis sie den horizontalen Stand erhält. Das Gefäß wird von Messing verfertigt; seine Höhe und Weite kann $1\frac{1}{2}$ Zoll betragen; der Glasdeckel muß der Grundfläche genau parallel, und etwas weniges hohl geschliffen seyn; die vortheilhafteste Größe des Bläschens, bey der es die gröste Empfindlichkeit hat, muß man durch Versuche bestimmen.

Zum Gebrauch beym eigentlichen Wasserwägen müssen die Instrumente größer, genauer und mit Fernröhren und Mikrometern versehen seyn. Sissons Wasserwage hiezu beschreibt Eckström (Schwed. Abhandl. für 1743. V. B. S. 144). Lambert (Anmerkungen über die Branderi-

ſchen Mikrometer von Glaſe. Augsb. 1769. 8.) giebt eine ſchöne Waſſerwage mit der Luftblaſe an, die im weſentlichen die Siſſonſche, aber im Fernrohre mit einem Branderiſchen Mikrometer verſehen iſt.

Leupold Theatrum Horizontoſtaticum ſ. Libellationis, Leipzig, 1726. fol.

Käſtner Anfangsgr. der Mechanik, 3. Aufl. Göttingen, 1780. 8. §. 118. u. f.

Mayer Gründl. und ausführl. Unterricht zur praktiſchen Geometrie, 1 Theil, Gött. 1777. 8. S. 378. u. f.

Waſſerwägen, Nivelliren, Libellatio, *Nivellement*. Dieſen Namen führt jede Operation, durch welche man findet, um wieviel der eine von zween entlegnen Punkten über oder unter der verlängerten Horizontalebne des andern liegt, oder wie weit die zwo Horizontalebnen, welche durch beyde Punkte gehen, lothrecht von einander abſtehen. Man nennt dieſen lothrechten Abſtand das **Gefälle** von einem Punkt zum andern.

Es iſt leicht zu überſehen, daß man ſich hiezu der im vorigen Artikel beſchriebenen Waſſerwagen mit Vortheil bedienen kan. Soll z. B. gefunden werden, wie hoch auf dem ungleichen Boden AB, Taf. XXVI. Fig. 71., der Punkt A über BF (der Horizontalebne durch B) liege, ſo kan man in A und B lothrechte Stangen AD und BC errichten, auf C die Waſſerwage ſtellen, und durch ihr Fernrohr horizontal gegen die Stange AD viſiren. Nun kan man ein Merkmal an D (z. B. eine ſchwarze Tafel mit einem weiſſen Kreuz) ſo ſtellen, daß deſſen Mittelpunkt von C aus genau in der Mitte des Fernrohrs erſcheint; alsdann iſt die Viſirlinie CD horizontal und mit BF parallel, auch die Figur FBCD ein Rechteck, mithin BC = FD. Aus der Meſſung der Höhe beyder Stangen ergeben ſich nun die Linien BC und AD, und der Unterſchied beyder BC — AD iſt = FD — AD = AF. Er drückt alſo die lothrechte Höhe von A über BF, oder das verlangte Gefälle von A bis B aus.

Digitized by Google

Freylich sind die Fälle nicht immer so einfach, wie der in der Figur angenommene. Wie man sich in zusammengesetztern hilft, erklären die im vorigen Artikel angeführten Schriften des Picard (Traité du nivellement), Böhm (Gründliche Anl. zur Meßkunst auf dem Felde) und andere Einleitungen in die praktische Geometrie, welcher dieser Gegenstand eigentlich zugehört.

Für den Physiker ist nur noch die Berichtigung merkwürdig, welche hiebey wegen der Krümmung der Erdfläche, oder wegen des Unterschieds zwischen scheinbarer und wahrer Horizontallinie nöthig wird, s. Horizontal. Wenn die Weite, durch welche man auf einmal hinaus visirt, oder auf welche man die von der Wasserwage angegebne Linie verlängert (*Coup de niveau*), nicht groß ist, so bedarf es dieser Berichtigung nicht. Visirt man aber auf eine große Weite AD, Taf. XXVI. Fig. 72, die einen merklichen Theil der Erdfläche ausmacht, so giebt die Wasserwage eine scheinbare gerade Horizontallinie AD an, da doch die wahre Horizontallinie AE ein Bogen eines größten Kreises der Erdkugel ist. Jene trift an der lothrechten Höhe ED einen zu hoch liegenden Punkt D, und giebt also das Gefälle von E bis A um die Linie ED zu groß an.

Um nun die Größe ED zu bestimmen, muß die Weite AE entweder in Längenmaaße, oder im Bogen, als Maaß des Winkels ACE, bekannt seyn.

Im erstern Falle wird man AD=AE annehmen können (weil doch nie über $7\frac{1}{2}$ Meilen oder $\frac{1}{2}$ Grad weit visirt wird, also der Winkel ACE immer $< \frac{1}{2}^{\circ}$ ist, in welchem Falle sich der Bogen AE von seiner Tangente AD nicht merklich unterscheidet). Alsdann hat man

$$ED = \sqrt{(AC^2 + AD^2)} - AC.$$

Da nun AD allemal noch sehr klein gegen AC bleibt, so läst sich ohne merklichen Fehler die Quadratwurzel aus $AC^2 + AD^2 = AC + \frac{AD^2}{2AC}$ setzen, und wenn man hievon AC abzieht, so erhält man

$$ED = \frac{AD^2}{2AC}$$

Wird nun 2 AC oder der Erddurchmesser nach Picard = 39231564 pariser Schuh angenommen, und AE oder AD ebenfalls in pariser Schuhen ausgedrückt, so findet sich daraus

$$ED = 0,00000002548\ AE^2.$$

Ex. Es sey AE = 4000 Toisen oder 24000 pariser Fuß, also $AE^2 = 576000000$, so wird $ED = 0,02548 . 576 = 14,682$ Fuß. Wenn AE nur 1000 Toisen beträgt, wird ED 16 mal kleiner, mithin 0,9176 Fuß oder 9,176 Decimalzoll.

Ist AE im Bogen eines grösten Kreises der Erdkugel gegeben, so hat man

$$ED = (\sec. ACE - 1) . AC$$

woraus Herr Mayer durch eine auf die Formeln der analytischen Trigonometrie gegründete Abkürzung (wenn β den Bogen AE in Secunden bedeutet)

$$ED = 0,0002307 . \beta^2 \text{ in pariſ. Schuhen}$$

findet. Man sieht hieraus leicht, wie sich Tabellen für diese Berichtigung auf jede gegebne Weite berechnen lassen, dergleichen man beym Picard, Böhm, Cassini (Von der Figur und Größe der Erdkugel, a. d. frz. von Klimm, Leipzig, 1741. 8.) u. a. findet.

Ein anderes Mittel, den Unterschied der Höhen weit entlegner Orte zu finden, geben die Beobachtungen gleichzeitiger Barometerhöhen, oder auch der mittlern Barometerhöhen dieser Orte, s. Höhenmessung, barometrische (Th. II. S. 637).

Kästner Anfangsgründe der Mechanik, 3te Aufl. §. 120. u. f.

Mayer Gründl. u. ausführl. Unterricht zur praktischen Geometrie, II Theil. Göttingen, 1779. 8. S. 301. u. f.

Wasserziehen der Sonne, Virgae, Columellae, *Verges*. Wenn die Sonnenstralen zwischen getrennten Wolken durchscheinen, und so in gewissen Strichen der Luft die darinn schwebenden Theilchen erleuchten, indem die angrenzenden Striche dunkel bleiben, so erscheinen die erleuchteten Striche dem Auge als helle Striemen auf einem dunkeln Grunde, und man sagt, die Sonne ziehe

Wasser. Diese Erscheinung, welche man zu den optischen Meteoren rechnet, ist sehr gemein, vorzüglich früh und gegen Abend, wenn die Sonne nicht hoch und unter getrennten Wolken steht. Sie wird mit Recht als Anzeige eines bevorstehenden Regens betrachtet, weil sie zeigt, daß es der Luft an Durchsichtigkeit mangle, indem die Erleuchtung blos durch die von undurchsichtigen Theilchen zurückgeworfnen Lichtstralen sichtbar werden kan.

Diese Streifen sind in der That alle unter sich parallel, weil alle Sonnenstralen in parallelen Richtungen durch die Luft fahren. Dem Auge aber kommen sie nicht so vor, sondern scheinen alle aus dem Bilde der Sonne, wie Halbmesser eines Kreises aus dem Mittelpunkte, auszufahren. Den Grund hievon giebt die Perspectiv an, welche lehrt, daß sich die Bilder aller Parallellinien als convergirend darstellen, wenn sie nicht mit der Ebne der Tafel gleichlaufend sind. Eben daher kömmt es auch, daß die Striemen weiter von der Sonne ab breiter zu werden scheinen, ob sie gleich in der That durchgehends einerley Breite behalten. **Lambert** (Beyträge zum Gebrauch der Mathematik. I Theil. Berlin, 1765. 8. S. 19. u. f.) beweist daraus sehr schön, daß uns alle Wolken weit näher scheinen, als sie in der That sind. Denn, wenn Taf. XXVI. Fig. 73. A der Ort des Auges ist, welches den hellen Streifen DB zwischen den Wolken D durchgehen sieht, so muß die wahre Richtung des Streifens mit der Linie nach der Sonne, d. i. mit AS parallel, also Bd seyn, und der wahre Ort der Wolken ist nicht in D, sondern fällt in der Gesichtslinie AD viel weiter hinaus in d.

Weich, Molle, *Mol*, *Mou*. Ein Körper heißt **weich**, wenn sich seine Gestalt, d. i. die Lage seiner Theile gegen einander, durch Kräfte ändern läst, und er diese geänderte Gestalt auch behält, wenn gleich die Kräfte zu wirken aufhören. Hingegen heißt der Körper **hart**, wenn er keine Aenderung der Gestalt zuläßt, und **elastisch**, wenn er bey aufhörendem Drucke zur vorigen Gestalt zurückkehrt.

Digitized by Google

Auf flüßige Körper läst sich der Begrif vom Weichen nicht anwenden; denn man kan zwar die Lage ihrer Theile ohne Mühe ändern, aber sie behalten wegen der Flüßigkeit nicht die gegebne Gestalt. Unter den festen Körpern giebt es gar keinen vollkommen harten; man nennt aber schon die hart, welche viel Kraft zu Aenderung ihrer Gestalt erfordern, s. Hart. Daher drückt auch das Wort Weich nur einen relativen Begrif aus, und bedeutet das, was sich ohne sonderlich große Kraft, oder leichter, als andere Körper, formen läst. Auch sind vielleicht alle Körper in einigem Grade elastisch, s. Elastisch; und man würde gar keinen weich nennen können, wenn man sich nicht verstattete, sehr geringe Grade der Elasticität ganz zu vernachläßigen.

Demnach sind die Grenzen zwischen dem Weichen, Harten und Elastischen sehr willkührlich und unbestimmt. Wir nennen das weich, was sich durch den gewöhnlichen Druck unserer Hand formen läst, und diese Form behält, wie feuchter Thon, feuchte Erde, warmes Wachs, Butter u. dgl. Für ein Insekt können diese Körper hart seyn. Oft heißt auch weich, was weniger hart ist, als etwas anders, z. B. weiches Holz, weicher Stein. Viele sonst harte Körper werden durch die Wärme erweicht, ehe sie schmelzen; viele auch durch die Feuchtigkeit, die den Zusammenhang ihrer Theile schwächt, und die Aenderungen ihrer Gestalt erleichtert.

Wein, Vinum, *Vin.* Im allgemeinern Sinne führen diesen Namen alle schleimig-zuckerartige Stoffe des Pflanzenreichs, welche durch den ersten Grad der Gährung geistig geworden sind, z. B. Bier, Meth, Cider, s. Gährung. In engerer Bedeutung aber heißt unter diesen Liquoren nur derjenige Wein, welcher aus dem Traubensafte oder Moste erhalten wird.

Wenn man den aus den Trauben gekelterten Most in nicht allzukleinen Massen einer Wärme von 55—70 fahrenheitischen Graden und dem Zugange der Luft aussetzt, so entsteht darinn eine innere Bewegung, die auch das Ohr

unterſcheidet, die Maſſe dehnt ſich aus, wird trüb und ein wenig wärmer, als die äuſſere Luft, auch entwickelt ſich eine groſſe Menge Luftſäure. Nach einiger Zeit laſſen dieſe Wirkungen nach, es verliert ſich der Schaum, den die Luftſäure bildete, und die gegohrne Maſſe wird wieder klar und hell. Sie hat nunmehr den zuckerartigen Geſchmack und die Klebrigkeit verlohren, dagegen aber den weinartigen Geruch und Geſchmack und eine geiſtige berauſchende Kraft erhalten; auch hat ſich aus ihr ein dickflüßiger Saz geſchieden, dem man den Namen der **Weinhefen** (feces ſ. mater vini) giebt. Es muß nun dieſes Getränk von den Hefen abgezogen, und in Fäſſern eingeſpündet vor allem Zugange der Luft verwahrt werden, weil es ſonſt zur ſauren und faulen Gährung fortſchreiten würde. Dennoch dauert ſelbſt in dem eingeſpündeten Weine noch eine unmerkliche Gährung fort, wodurch die Stärke deſſelben mit dem Alter immer mehr erhöhet, und eine ſalzige Materie, der **Weinſtein** (Tartarus), an die Wände der Fäſſer abgeſezt wird.

Unterbricht man die erſte Gährung ſehr frühzeitig, ſo erhält man ſchäumende (mouſſirende), zum weitern Gähren äuſſerſt geneigte Weine, aus denen bey der erſten Berührung der Luft eine Menge Luftſäure ausbricht. Dieſe zerſprengen in der Wärme die Flaſchen, oder werfen die Stöpſel mit Gewalt aus. Manchen, z. B. dem Champagner Weine, giebt man dieſe Eigenſchaften mit Vorſaz. Die übrige groſſe Verſchiedenheit der Weine beruht auf dem Verhältniſſe ihres geiſtigen Theils gegen die Säure, wobey die extractartigen Theile des Saftes, der Kerne, Schalen ꝛc. mancherley Arten von Nebengeſchmack geben.

Das Geiſtige, welches bey der Gährung entſteht, hemmt die völlige Zerſetzung des Zuckerſtoffs. Hat alſo der Moſt einen groſſen Ueberfluß an dieſem Stoffe und wenig Wäſſerichtes, ſo entſtehen durch die Gährung ſüſſe **Weine**, welches man durch Einkochen des Traubenſafts, wie beym Malagaweine, oder durchs Abwelken und Eintrocknen der Trauben, wie beym Tokayer und Sect (vino ſecco der Italiäner) befördert. Uebrigens iſt das ſchönſte

Mittel, schlechte Weine zu veredlen, dieses, daß man dem Moste vor der Gährung Zucker zusetzt, indem der zuckerartige Stoff die wahre Quelle der geistigen Gährung, und aller Zucker des Pflanzenreichs von einer und eben derselben Beschaffenheit ist. Macquer hat dieses durch Theorie und Erfahrung vortreflich bestätiget. Abrauchen des Mostes, Beschleunigung der Gährung durch Wärme, Ausfrieren u. s. w. macht schlechte Weine zwar geistreicher, aber nicht milder und angenehmer. Trüb gewordene Weine kan man durch Umrühren mit gekochter Hausenblase oder Eyweis abklären.

Hat die erste Gährung zu lang gedauert, so ist schon ein unmerklicher Uebergang zur zwoten Stufe der Essiggährung vorhanden, welche nun zwar langsam, aber doch ununterbrochen fortgeht, daher ein solcher Wein unvermeidlich von Zeit zu Zeit saurer wird. Dieses ist nun eben der Fehler, der sich durch die Vermischung der Weine mit Glötte und andern Bleykalken heben läst, indem diese die entstandne Essigsäure einschlucken und mit ihr einen angenehm schmeckenden Bleyzucker bilden, dessen Wirkungen aber für den Körper verderblich und oft tödtlich sind, so daß man diejenigen, die dergleichen Verfälschungen aus Gewinnsucht und mit Kenntniß der Sache unternehmen, aufs gerechteste als vorsetzliche Giftmischer behandlen kan. Gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts entstand im Würtembergischen und andern Gegenden hieraus die sogenannte Weinkrankheit, welche zu den ersten gesetzlichen Verordnungen über diesen Gegenstand Anlaß gab (s. Gockels Beschreibung des durch Silberglötte versüßten sauren Weins, und der daher von 1694—1696 entstandenen vormals unerhörten Weinkrankheit. Ulm, 1697. 8.).

Ob ein Wein durch Bleyzusätze verfälscht sey, erkennt man am sichersten, wenn man eine ansehnliche Menge davon bis zur Trockne abraucht, und den Rückstand in einem Schmelztiegel schmelzt, da sich denn das reducirte Bleykorn auf dem Boden des Tiegels findet. Leichter und geschwinder sind die Prüfungen durch flüßige Schwefellebern, z. B. durch die würtembergische Weinprobe (liquor proba-

torius) aus 1 Theile Operment und 2 Theilen ungelöschtem Kalk in 12 Theilen destillirten Wassers in der Wärme digerirt. Thut man etwa 30 Tropfen von diesem Liquor in ein Spitzglas Wein, so entsteht, wofern der Wein rein ist, blos ein leichter gelber Niederschlag; derjenige hingegen, der etwas metallisches enthält, wird davon braun oder schwarz gefärbt. Da aber dieses Merkmal nicht nothwendig die Gegenwart des Bleyes anzeigt, sondern der Metallgehalt auch aus Eisen bestehen, mithin unschädlich seyn kan (s. *I. C. Gehler* Progr. I. II. de vini ferro adulterati docimasia. Lipsi. 1782. 4. *Leonhardi* vinorum alborum metallici contagii suspectorum docimasiae curae repetitae et novae. Vitemb. 1787. 4.), so muß man die Beschaffenheit des entdeckten Metalls noch durch andere Proben untersuchen. Die Blutlauge schlägt aus dem Weine alle Metalle mit verschiedenen Farben nieder, es ist aber schwer, sie selbst rein und ohne Eisengehalt zu bereiten. Herr D. Hahnemann (in Crells chem. Annalen 1788. 4. St.) lehrt eine Weinprobe, die reinen oder blos eisenhaltigen Wein gar nicht ändert, Bley und Kupfer aber schwarz oder braun fället, aus calcinirten Austerschalen, Schwefel und Weinsteinrahm bereiten. Ein lesenswürdiger Unterricht über die besten Arten der Weinproben von Herrn D. Hebenstreit findet sich in den Anzeigen der leipziger ökonomischen Societät von der Michaelismesse 1790 (Dresden, 8. S. 91. u. f.).

Macquer chymisches Wörterbuch, durch Leonhardi. Art. Wein.

Gren systematisches Handbuch der ges. Chemie, II. Th. 1. Band. Halle, 1789. gr. 8. §. 1583 u. f.

Weinessig, s. **Essig**.

Weingeist, brennbarer Geist, Spiritus vini, Spiritus ardens, inflammabilis, *Esprit de vin*, *Esprit ardent*. Diesen Namen führt derjenige flüchtige, stark schmeckende und riechende, farbenlose, entzündliche Liquor, den man durch die Destillation aus dem Weine oder aus andern Substanzen erhält, welche durch die Weingährung gegangen sind.

Digitized by Google

Dieſer Liquor enthält den berauſchenden Theil des Weins, vermiſcht ſich in jedem Verhältniſſe mit dem Waſſer, und hat alſo alle Eigenſchaften eines Geiſtes, ſ. Geiſt. Er entzündet ſich, ohne erſt Erhitzung durch einen Dacht nöthig zu haben, und brennt mit einer ſchwachen am Rande bläulichen Flamme ſtill dahin, ohne Rauch, Ruß und Dämpfe zu bilden, oder auſſer wenigem Waſſer einen Rückſtand zu laſſen.

Man deſtillirt dieſen Geiſt nicht blos aus dem Weine, ſondern auch aus andern in Gährung geſetzten Subſtanzen, z. B. aus Weintreſtern den Franzbrantwein, aus Getraide den Kornbrantwein, aus Reiß den Arak, aus dem Saft des Zuckerrohrs den Rum u. ſ. w. Die ſchnell und mit wenig Mäßigung deſtillirten Sorten, welche viel Waſſer, auch wohl ſaure und brenzliche Theile bey ſich führen, heiſſen überhaupt **Brantwein** (vinum aduſtum), und werden erſt durch wiederholte gelinde Deſtillation zu **Weingeiſt** geläutert oder rectificirt, wovon der allerreinſte von allem auſſerweſentlichen Waſſer befreyte, höchſt rectificirter Weingeiſt oder **Alkohol** heißt.

Dieſer reine Weingeiſt iſt leichter, als Waſſer. Sein eigenthümliches Gewicht giebt **Muſſchenbroek** = 0,815, **Bergmann** = 0,82, **Briſſon** (Mém. de Paris, 1768) = 0,837 an. Mit Waſſer vermiſcht erzeugt er Wärme, und gleiche Theile von beyden ziehen ſich bey der Vermiſchung um $\frac{1}{14}$ des Raumes zuſammen; in andern Verhältniſſen iſt die Zuſammenziehung geringer, und am ſchwächſten bey 1 Theil Weingeiſt mit 2 Theilen Waſſer. Er verdünſtet leicht, bewirkt dabey anſehnliche Kälte, und kocht ſchon bey 174 Grad nach Fahrenheit (63 nach Reaumür). Herr von **Reaumür**, welcher Pulver zündenden Weingeiſt noch mit $\frac{1}{5}$ Waſſer miſchte, hat doch dadurch den Siedpunkt ſeines Thermometers nicht höher, als auf $66\frac{2}{3}$ Grad des Queckſilberthermometers von 80 Graden gebracht, ſ. **Thermometer** (oben S. 320). Dieſe frühere Verdampfung enthält den Grund, warum ſich der Weingeiſt durch gelinde Deſtillation entwäſſern läſt. In der Vorlage giebt er eigne, gleichſam fett oder ölicht ausſehende

Streifen. Der Alkohol gefriert nicht in den bekannten Graden der Kälte; die Wasser enthaltenden Sorten aber gefrieren, jedoch weit später, als das Wasser selbst, z. B. gleiche Theile Alkohol und Wasser bey —6 nach Fahrenheit.

Der Weingeist ist keiner weitern Gährung fähig, und keinem Verderben ausgesetzt. Darum, und weil er alles Wässerichte auszieht, auch die Luft abhält, dient er vortreflich, organisirte Körper vor der Fäulniß zu bewahren. Wenn er im Weine in hinreichender Menge entstanden ist, so hindert er den Fortgang der Weingährung und die weitere Zersetzung des Zuckerstofs in den süssen Weinen.

Auf Erden und Metalle scheint er nicht merklich zu wirken. Sogar eine große Anzahl von Neutral- und Mittelsalzen löset er nicht auf. Hingegen liefert er mit den Säuren, Laugensalzen, vielen öligten Substanzen und einigen Mittelsalzen merkwürdige Erscheinungen. Er verbindet sich überhaupt mit allen Säuren, vermindert ihre saure Beschaffenheit und verwandelt sie in versüßte Säuren, s. Vitriolsäure, Salpetersäure, Salzsäure. In gewissen Verhältnissen mit concentrirten Säuren destillirt, verliert er einen Theil seines wesentlichen Wassers, verändert dadurch, und vielleicht auch durch Verbindung mit einiger Säure, seine Natur, und verwandelt sich in eine den Oelen näher kommende Feuchtigkeit, s. Aether. Bey Destillirung des Weingeists mit Vitriolsäure geht zuletzt ein wahres mit schwefelsaurem Geiste vermischtes Oel, das Weinöl oder süße Vitriolöl, über. Auch starke und sattsam entwässerte Laugensalze wirken von der Hitze unterstützt eben so auf den Weingeist, entziehen ihm seinen wässerichten Grundstof, und bringen ihn dem Zustande der Oele näher. Das ätzende fixe Laugensalz bildet mit ihm die Weinsteintinctur. Die mit Schütteln begleitete Digerirung von 6 Theilen Weingeist über 1 Theil heisses mildes Gewächslaugensalz ist ein gutes Mittel, den Weingeist zu entwässern.

Für die wesentlichen Oele der Pflanzen, und die aus ihrer Verdickung entstehenden Harze, ist der Weingeist das eigentliche Auflösungsmittel. So erhält man durch Dige-

Digitized by Google

riren gewürzhafter Pflanzen mit ihm die Tincturen, und durch die Destillation der letztern, wobey die extractartige und färbende Materie zurückbleibt, die abgezognen Wasser. Nach einer solchen Destillation findet man den harzigen Theil der Pflanze auf dem Boden des Gefäßes, den man sonst auch erhält, wenn man die Tinctur, anstatt sie zu destilliren, mit einer großen Menge Wasser vermischt. So lassen sich die Harze der Jalappenwurzel, des Scammonium, des Pockholzes u. s. w. ausziehen.

Die empyreumatischen Oele löset der Weingeist gleichfalls auf. Dagegen greift er fette Oele, Wachs, Butter u. dgl. nur schwach an, bis sie ranzig oder durchs Feuer brenzlich werden. Alsdann wirkt er stark auf den ranzigen oder brenzlichen Theil. Man scheidet die öligten Stoffe aus dem Weingeiste entweder durch Destilliren, oder durch Verdünnung mit Wasser, wodurch die Auflösung trüb wird, und das öligte sich in der Folge sammlet.

Die Lackfirniße werden durch Auflösung der Harze, z. B. des Mastix, Gummilack, Sandarac, Weihrauch, in Alkohol bereitet. Beym Auftragen verdünstet der Alkohol, und läßt das Harz als einen durchsichtigen Ueberzug zurück. Sie lassen sich aber auch aus Harzen und ätherischen Oelen bereiten. Die Spirituslacke trocknen sehr schnell und glänzen schön, bekommen aber leicht Risse, welches man durch den Zusatz von etwas Terpentin verhütet. Der Copal löset sich im Weingeist sehr schwer auf; etwas Kampher befördert zwar die Auflösung, schadet aber der Güte des Firnißes (s. Der Staffirmaler oder die Kunst, anzustreichen, zu vergolden und zu lackiren, a. d. franz. von Watin. Leipz. 1779. 8. und Macquers chym. Wörterb. Art. Firniß). Am vollkommensten lassen sich die Firniße in der papinianischen Maschine bereiten.

Da der Weingeist alles Wasser stark an sich nimmt, so kan man durch ihn die gummi- und gallertartigen Substanzen, ingleichen die Salze, die er nicht auflöset, z. B. Kochsalz, Glaubersalz, vitriolisirten Weinstein u. s. w. aus dem Wasser scheiden, und das Anschießen dieser Sal-

Digitized by Google

ze befördern, auch das Eyweiß und die thierische Lymphe zum Gerinnen bringen.

Nach Stahl (Opusc. chym. phys. med. p. 145. sqq.) soll der Weingeist aus einem vermittelst einer Säure mit vielem Wasser vereinigten Oele, nach Junker (Conspect. chemiae theor. pract. Tab. LXXXV. no. VI.) aus dem durch Säure mit Wasser vereinigten Phlogiston, nach Cartheuser (Elem. Chem. Sect. I. Cap. V. §. 2.) blos aus Wasser und Brennstof bestehen. Bey der Verbrennung des Weingeists in verschloßnen Gefäßen wird die Luft vermindert und phlogistisirt, man erhält viele Luftsäure, und selbst aus dem reinsten Alkohol dem Gewichte nach mehr Wasser, als man Alkohol angewendet hat, nach Lavoisier (s. Lichtenbergs Magaz. für das Neuste a. d. Physik, III B. 1 St. S. 71 u. f.) 18 Unzen Wasser aus 16 Unzen Weingeist. Die Dämpfe des Weingeists durch glühende irdene Röhren getrieben, geben brennbare Luft mit fixer vermischt. Diesen Erscheinungen nach sollte man glauben, es sey die Luftsäure, welche hier das Brennbare mit dem Wasser verbindet. Bergmann aber (De acido sacchari in Opusc. Vol. I. p. 253.) bewies zuerst, daß man aus dem Rückstande der Destillation des Weingeists mit Salpetersäure eine wahre Zuckersäure erhalte. Da die Zuckersäure blos eine Verbindung der einfachen Pflanzensäure mit Phlogiston ist, so findet es Herr Gren sehr wahrscheinlich, Brennstof, Pflanzensäure und Wasser für die eigentlichen Bestandtheile des Weingeists anzunehmen, und die Luftsäure als entferntern Bestandtheil der Pflanzensäure zu betrachten, wie sich denn überhaupt alle Pflanzensäuren vielleicht auf Luftsäure reduciren, s. Gas, mephitisches (Th. II. S. 403). Oel haben Barner (Chymia philos. Norimb. 1689. p. 25.) und Westendorf (De optima acetum concentratum conficiendi ratione. Gotting. 1773. 4. p. 14.) durch wiederholte Destillationen im Weingeiste zu finden geglaubt; Westrumb aber (Chem. Versuche, die Entstehung der Zuckersäure betreff. in s. kl. phys. chem. Abhdl. B. I. Heft 1. S. 76) hat dergleichen durch 37malige Destillation des reinen Alkohols nicht erhalten können.

Digitized by Google

Macquer chymisches Wörterbuch durch Leonhardi, Art. Weingeist.

Gren system. Handb. der gesammt. Chemie. II. Th. 1. B. Halle, 1789. gr. 8. §. 1611 u. f.

Weite des Wurfs, Amplitudo jactus, *Amplitude du jet, Portée.* So nennt man die horizontale Weite AB Taf. XXVI. Fig. 74, um welche ein durch ADB geworfener Körper von dem Anfange des Wurfs A an bis zu dem Ende desselben B fortgegangen ist, s. Wurf. Liegt der Anfang des Wurfs A mit dem Ende B in einerley Horizontalebne, so ist diese Linie eine Sehne der krummlinigten Bahn ADB. Fienge aber der Wurf z. B. in D an, und gienge bis B, so wäre die Weite desselben nur EB; man hätte sie nemlich von E aus zu rechnen, welcher Punkt in der Horizontalebne durch B lothrecht unter dem Anfangspunkte D liegt.

Wenn man den Fall betrachtet, da Anfang und Ende der krummlinigten Bahn in einer Horizontallinie liegen, und wenn hiebey die Geschwindigkeit, womit der Wurf in A anfängt, $= k$; der Winkel des Wurfs mit dem Horizonte aber $= \alpha$ genannt wird, so ist nach den beym Worte Wurf erwiesenen Formeln (wo g den Fallraum in einer Secunde bedeutet)

$$AB = \frac{k^2 . \sin 2\alpha}{2g},$$

daß sich also bey einerley Stärke der anfänglichen Geschwindigkeit des Wurfs die Weite desselben, wie der Sinus des doppelten Neigungswinkels, verhält.

Da nun der gröste mögliche Sinus, nemlich der Sinustotus, dem rechten Winkel zugehört, so folgt hieraus, daß für jede gegebne Geschwindigkeit k, die Weite des Wurfs den gröstен möglichen Werth $\frac{k^2}{2g}$ erhält, wenn der doppelte Neigungswinkel ein rechter, oder der Winkel α selbst $= 45°$ ist. Diesen Satz, daß unter gleichen Umständen der Wurf oder Schuß von 45° am weitsten trage, kannte Tartalea schon 1547, zu einer Zeit, da man noch sehr unvollkommene Begriffe von der Wurfbewegung hatte.

Digitized by Google

Winkel, die miteinander 90° ausmachen, geben unter gleichen Umſtänden einerley Weite des Wurfs. Denn ihre Doppelten machen mit einander 180°, und haben alſo einerley Sinus. So iſt für $\alpha = 15°$ und $\alpha = 75°$ die Weite des Wurfs beydemal $= \frac{k^2}{4g}$; halb ſo groß, als die gröſte Weite für $\alpha = 45°$. Gleich geſchwinde Würfe unter Winkeln von 20° und 70°, von 30° und 60° u. ſ. w. tragen auf einerley Weiten.

Bleibt aber der Winkel α ungeändert, ſo verhält ſich die Weite des Wurfs, wie k^2, d. i. wie das Quadrat der anfänglichen Geſchwindigkeit, ſo daß der doppelt geſchwinde Wurf auf die vierfache Weite trägt, u. ſ. w. Nun lehren die Verſuche, dergleichen **Robins** mit Muſketenkugeln, und **Hutton** (Philoſ. Trans. Vol. LXVIII. P. I. n. 3.) mit Kanonenkugeln angeſtellt hat, daß ſich beym Pulvergeſchütz die anfänglichen Geſchwindigkeiten ziemlich genau, wie die Quadratwurzeln aus der Menge des Pulvers, verhalten; woraus folgt, daß bey gleichem Winkel (oder auch bey Winkeln, die einander zu 90° ergänzen) die horizontalen Schußweiten im Verhältniſſe der Pulvermenge oder Stärke der Ladung ſtehen, wenn man den Widerſtand der Luft nicht in Betrachtung zieht.

Im andern Falle, da der Wurf in D anfängt, und der Körper mit der erſten Geſchwindigkeit c horizontal getrieben wird, iſt der Weg DB eine Parabel vom Parameter $\frac{c^2}{g}$, die den Scheitel in D hat, wie ebenfalls aus den beym Worte **Wurf** vorgetragenen Formeln erhellet. Nennt man nun hiebey die Höhe des Anfangspunktes D über dem horizontalen Boden BA, oder die Linie $DE = a$, ſo läſt ſich dieſelbe als eine Abſciſſe der Parabel aus ihrem Scheitel anſehen, wozu EB die rechtwinklichte Coordinate iſt. Daher hat man aus der Gleichung für die Parabel

$$EB^2 = \frac{c^2}{g} \cdot a$$

Digitized by Google

und die Weite des Wurfs $EB = c.\sqrt{\frac{a}{g}}$.

Hievon läst sich eine Anwendung auf die Wasserstralen machen, welche aus Seitenöfnungen eines Gefäßes hervorspringen. Man hält sich für berechtigt, anzunehmen, die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus einer solchen Oefnung hervordringt, sey diejenige, welche der Höhe des Wassers über der Oefnung zugehört, oder welche ein schwerer Körper während seines Falles durch diese Höhe erlangen würde. Die Versuche, deren Geschichte Herr Kästner (Anfangsgr. der Hydrodynamik, Gött. 1769. 8. S. 52 — 109.) so lehrreich und schön erzählt, enthalten wenigstens nichts, das diesem Satze widerspräche, oder sich nicht mit ihm vereinigen ließe.

Es sey nun Taf. XXVI. Fig. 75. FCEG ein Gefäß, bis FC mit Wasser gefüllt, und beständig bis dahin voll erhalten. In der Seitenwand CE befinde sich eine kleine Oefnung D (freylich hier als ein einziger Punkt angesehen). Das Gefäß stehe auf dem wagrechten Boden GB. Man nenne die senkrechte Höhe des Wassers über der Oefnung oder $CD = b$; die Höhe der Oefnung über dem Boden oder $DE = a$; beyde zusammen machen die ganze Höhe des Gefäßes $CE = a + b$ aus. Das Wasser wird aus D horizontal mit einer Geschwindigkeit hervorspringen, welche der Höhe b zugehört, oder es wird $c^2 = 4gb$ seyn, s. Fall der Körper (Th. II. S. 124). Hieraus erhält man nach der vorigen Formel

$$EB^2 = \frac{c^2 a}{g} = 4ab$$

daß also die Weite EB, in welcher der Stral den Boden erreicht, $= 2\sqrt{ab}$, oder die doppelte mittlere geometrische Proportionallinie zwischen CD und DE wird. Beschreibt man über der ganzen Höhe des Gefäßes CE den Halbkreis CIHE, und zieht aus der Oefnung D die Linie DH mit BG parallel, so ist diese die mittlere geometrische Proportionallinie zwischen CD und DE; mithin allemal $EB = 2DH$.

Digitized by Google

Wenn Cd=ED genommen wird, so ist auch dh dem DH gleich, mithin EB für die Oefnungen d und D gleich, und die paraboliſchen Waſſerſtralen aus d und D treffen auf dem Boden in B zuſammen. Die Linie DH wird am gröſten bey K, wo ſie ſich in den Halbmeſſer KI verwandlet. Das Waſſer ſpringt alſo am weitſten, wenn ſich die Oefnung bey K auf der halben Höhe des Gefäßes befindet, und die Weite des Sprungs iſt in dieſem Falle dem Durchmeſſer CE, oder der ganzen Höhe des Waſſers im Gefäße gleich.

Bey s'Graveſande Verſuchen (Elementa Phyſ. To. I. §. 1584. ed. Leid. 1742.) war a=b=18 Zoll; demnach ſollte die Weite EB=36 Zoll ſeyn; ſie ward aber nur 35½ Zoll gefunden. Bey Kraft (Comm. Petrop. To. VIII. p. 253 ſqq.) war a=2017; b=3738, in Zweytauſendtheilchen des londner Fußes. So hätte EB=$2\sqrt{2017.3738}$= 5490 ſeyn ſollen, es fand ſich aber nur =4542, und bey den folgenden Verſuchen, wobey das Reiben mehr vermindert war, um etwas gröſer. Nennt man die beym Verſuch gefundene Weite EB=d, ſo kan man aus ihr und a vermittelſt der Formel $\frac{g\,d^2}{a}=c^2$ die Geſchwindigkeit c, oder lieber gleich die derſelben zugehörige Höhe $\frac{c^2}{4g}=\frac{d^2}{4a}$ ſuchen, und ſo durch den Verſuch prüfen, ob dieſe Höhe der Waſſerhöhe b gleich iſt, oder wie ſie ſich von ihr unterſcheidet.

Man kan endlich auch Fälle betrachten, wo der Wurf aus A einen Punkt über dem Horizonte, z. B. M, Taf. XXVI. Fig. 74. treffen ſoll. Alsdann kan AQ die Weite des Wurfs heißen. In der Ausübung iſt dieſe Linie gemeiniglich nebſt QM, der Höhe des zu treffenden Punktes, gegeben, und man ſucht alsdann, wie der Wurf einzurichten ſey, um M zu treffen, d. i. man ſucht k und α. Dieſe Aufgabe, eine der ſchönſten in der paraboliſchen Theorie der Balliſtik, iſt unbeſtimmt; man kan von k und α das eine nach Gefallen annehmen und das andere darnach beſtimmen. Aber für k, d. i. für die Geſchwindigkeit oder

Digitized by Google

Stärke der Ladung giebt es einen kleinſten möglichen Werth, um M zu treffen, den man doch gern wählen wird, um den Aufwand des Pulvers möglichſt zu ſparen. Und für dieſes kleinſte k giebt die Rechnung den Winkel α gerade ſo groß, daß die Richtung des Geſchützes bey A den Winkel der Scheitellinie ZA mit AM halbiren muß. Wird alſo bey A ein Spiegel flach über die Mündung des Geſchützes gelegt, das Auge in Z lothrecht über A geſtellt, und das Geſchütz ſo gerichtet, daß das Auge das Bild des Punktes M in des Spiegels Mitte ſieht, ſo iſt dies die Richtung, in welcher M mit der berechneten ſchwächſten Ladung getroffen wird, wobey jedoch, wie bey allen Sätzen dieſes Artikels, der Widerſtand der Luft nicht in Betrachtung gezogen iſt.

Weiten in Oſt und Weſt, ſ. Abendweite, Morgenweite.

Weitſichtig, ſ. Auge.

Wellen, Vndae, *Ondes*. Wenn in der ſtillſtehenden horizontalen Waſſerfläche hr, Taf. XXVI. Fig. 76, durch Stoß oder Druck eine Vertiefung B entſteht, ſo erhebt ſich das Waſſer rings um dieſelbe in A und C, fließt von dieſer Höhe durch ſeine Schwere wieder herab, und macht durch die im Falle erlangte Geſchwindigkeit eine neue Vertiefung bey D, indem die vorige bey B wieder ausgefüllt wird; dadurch entſtehen wieder neue Erhöhungen bey C und E mit neuen Vertiefungen in B und D, und es erfolgt daraus eine Bewegung des Waſſers, wobey die Vertiefung B mit einer ihr vorangehenden Erhöhung C, immer weiter durch D, E, F zu gehen und jeder vorigen immer wieder eine neue zu folgen ſcheint. Weil dies nach allen Seiten zu geſchieht, ſo verbreitet ſich die gedachte Bewegung in lauter Kreiſen um den Mittelpunkt B. Man nennt jede Erhöhung C, auf beyden Seiten bis an die tiefſten Punkte B und D gerechnet, eine **Welle**, den Abſtand BD die Breite der Welle, und dieſe ganze Bewegung eine **wellenförmige** (undulatio, motus undulatorius, *ondulation*).

Digitized by Google

Solche Wellen zeigen sich, wenn man in stillstehende Flüßigkeiten Steine wirft, oder sie sonst durch Druck, Blasen mit dem Munde u. dgl. in Bewegung setzt. Die Wellen verbreiten sich um die bewegte Stelle in concentrischen Kreisen, und wenn sich die erste genug erweitert hat, folgt ihr sogleich eine zweyte aus dem Mittelpunkte nach. Diese Bewegung müste unaufhörlich fortdauern, wenn sie nicht durch Reibung und Widerstand geschwächt und endlich aufgehoben würde. Eben das sind die Meereswellen (s. Meer, Th. III. S. 183.) im Großen, nur sehr unregelmäßig, weil sie vom Winde, als einer höchst ungleich und schief wirkenden Kraft, hervorgebracht und gestört werden.

Die Theorie der wellenförmigen Bewegung ist von Newton (Princip. L. II. Sect. 8.) zuerst auf richtige Grundsätze gebracht worden. Dieser vortrefliche Geometer zeigt daselbst (Prop. 46.), daß die Zeit, in welcher eine Welle um ihre Breite BD fortschreitet, ziemlich mit der Schwingungszeit des einfachen Pendels von der Länge BD übereinkommen müsse. Er hat nemlich vorher (Prop. 44.) erwiesen, daß die Oscillationen der Wasserflächen in communicirenden Röhren mit den Schwingungen eines Pendels übereinstimmen, welches die halbe Länge der in beyden Röhren und dem Communicationsgefäße zusammen enthaltenen Wassersäule hat. Wenn nun das Wasser in BC als eine solche Säule betrachtet wird, deren beyde Enden durch Oscillationen steigen und fallen, so wird ein Pendel von der Länge $\frac{1}{2}BC$ einen halben Schwung machen, indem das Wasser von B bis C steigt, und einen zweyten, indem es von C bis D fällt. Alsdann aber ist die Welle um ihre ganze Breite BD fortgerückt; und dies in der Zeit, in welcher ein viermal so langes Pendel, dessen Schwünge doppelt so lang dauren, s. Pendel, einen halben Schwung gemacht hätte. Die Länge dieses Pendels wäre $= 4 . \frac{1}{2}BC = 2BC$, d. i. fast $= BD$, oder fast der Breite der Welle gleich.

Hieraus folgert Newton, daß eine Welle von der Breite $3\frac{1}{8}$ paris. Schuh (welche der Länge des Secundenpendels gleich ist) einen eben so langen Weg in einer Se-

Digitized by Google

cunde, mithin 183$\frac{1}{3}$ Schuh in einer Minute und 11000 Schuh in einer Stunde zurücklege, und daß sich die Geschwindigkeiten verschiedener Wellen, wie die Quadratwurzeln aus ihren Breiten, verhalten. Doch könne alles dieses nur beynahe wahr seyn, weil hier das Oscilliren nicht, wie in aufrecht stehenden Röhren senkrecht, sondern im Bogen BC geschehe.

Wenn die Kreise der Wellen gegen ein festes lothrechtes Hinderniß anschlagen, so werden sie zurückgeworfen, und breiten sich nun nach der entgegengesetzten Richtung so aus, daß sie Kreise um einen Punkt bilden, der im Perpendikel so weit hinter der Ebne des Hinderniſſes liegt, als der Mittelpunkt der anschlagenden Welle vor dieser Ebne lag. Steht das Hinderniß schief gegen den Horizont, so wird der Gang der Welle durch das Anschwellen des Wassers und die Reibung sehr gestört, daher die Ufer der Flüße die Wellen selten merklich zurückwerfen.

Befindet sich in dem Hindernisse eine Oefnung, so geht ein Theil der Welle geradlinigt hindurch, und die Bewegung fängt hier an, neue Wellen zu bilden, die sich um die Oefnung, als ihren Mittelpunkt, in Halbkreisen verbreiten. Ist die Oefnung sehr weit, so gehen die Wellen in der Mitte ungestört hindurch, und nur um die Ränder bilden sich neue kleinere Kreise. Mehrere Wellen, die sich in verschiedenen Richtungen begegnen, stören einander nicht; denn welche Gestalt auch die eine Welle der Wasserfläche geben mag, so kan dieselbe doch allemal noch diejenigen Erhöhungen und Vertiefungen annehmen, welche die Fortpflanzung der andern Welle erfordert. Gewaltsame und unregelmäßige Wellen machen freylich Ausnahmen hievon. Wenn ein Körper im Wasser geradlinigt schwingt oder zittert, so entstehen gleichwohl kreisförmige Wellen: die Kreisgestalt hängt von der Flüßigkeit des Mittels, nicht von der Bewegung des festen Körpers ab.

In elastischen Mitteln entstehen auf ähnliche Art abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen, welche sich um die gestoßene Stelle herum durch concentrische Kugelflächen verbreiten. So geschieht die Fortpflanzung des

Digitized by Google

Schalles in der Luft, ſ. Schall (Th. III. S. 804 u. f.) und einige haben ſich auch die Bewegungen des Lichts und des Feuers ſo vorgeſtellt. Man giebt auch dieſen Bewegungen den Namen der wellenförmigen, und redet daher von Schallwellen, Lichtwellen, wiewohl es richtiger iſt, die letztern Schläge (pulſus) und die Bewegung Vibration (motus vibratorius) zu nennen, ſ. Vibrationsſyſtem.

Iſ. Newtoni Philoſ. naturalis principia mathematica, ex ed. P. P. *Jacquier* et *Le Sueur*. Colon. Allobrog. 1760. 4. To. II. p. 355 ſqq.

s'Graveſande Phyſices elementa mathematica. Lugd. Bat. 1725. 4. To. I. L. II. cap. 10. De motu undarum.

Welt, Mundus, *Monde*. Dieſer Name, der eigentlich alles Erſchaffene umfaßt, wird in der Phyſik, welche blos das Materielle betrachtet, dem Inbegriffe aller körperlichen Dinge, der materiellen Welt, Körperwelt beygelegt.

Billig unterſcheiden wir die von uns bewohnte und näher gekannte Erdkugel mit allem, was ihr zugehört und ihrer Umdrehung folgt, von der übrigen Körperwelt, und theilen ſo die Welt in Himmel und Erde ein. Bey Betrachtung des Himmels finden wir in ungeheuren Abſtänden von einander unzählbare große Kugeln, die Himmelskörper, Weltkörper (corpora caeleſtia, *corps céleſtes*), zu welchen die Erdkugel ſelbſt wiederum mit gehört. Der ganze Inbegrif dieſer Körper in ihrer Verbindung und Ordnung betrachtet, heißt das Weltgebäude.

Bisweilen wird auch mit dem Namen Welt die Erde allein bezeichnet, wie in den Worten Welttheile, Weltmeer; bisweilen verſteht man darunter ein Syſtem mehrerer Weltkörper, welche zuſammen in einer beſondern Verbindung ſtehen, z. B. unſer Sonnenſyſtem, oder das Syſtem des Jupiters mit ſeinen Monden (mundus Jovialis). So zeigt die bekannte Redensart Mehrheit der Welten eine Mehrheit ſolcher Körper, wie unſere Erdkugel, oder auch ſolcher Syſteme, wie unſer Sonnenſyſtem, an, ſ. Weltgebäude, Weltſyſtem.

Digitized by Google

Weltaxe, Axis mundi, *Axe du monde*. Die gerade Linie von einem Weltpole zum andern, welche bey der scheinbaren täglichen Umdrehung des Himmels unbewegt bleibt. Sie scheint jedem Zuschauer, der sich im Mittelpunkte der Kugel glaubt, durch sein Auge zu gehen; denkt man sich aber, wie gehörig, die Erde unendlich klein, oder als einen Punkt in die Mitte gestellt, so trift diese Axe den Mittelpunkt der Erde, und ist nun nichts anders, als die bis an die Grenzen der scheinbaren Himmelskugel verlängerte Erdaxe. Blos wegen der Kleinheit der Erde können alle mit ihr parallel laufende Linien auf der ganzen Erdfläche, z. B. die Zeiger der Sonnenuhren, als Stücken der Weltaxe selbst angesehen werden. Sie ist die Axe des Aequators, und der mit ihm parallel laufenden Tagkreise, Wendekreise, Polarkreise; und ihr Winkel mit dem Horizonte des Orts wird durch die Polhöhe des Orts gemessen.

Weltgebäude, Weltbau, Weltall, Universum, Mundus universus, Systema mundi s. cosmicum, Fabrica mundi, *Monde, l' Univers*. Der Inbegrif aller Weltkörper, in ihrer Ordnung und Verbindung unter einander betrachtet. Obgleich alles, was sich hievon sagen läst, nur Muthmaßung ist, so haben wir doch von einem Theile des Weltbaues, zu dem unsere Erde selbst mit gehört, nemlich von unserm Sonnensystem, ziemlich zuverläßige Kenntnisse; denn die Muthmaßungen hierüber sind bis zu dem äussersten Grade der Wahrscheinlichkeit erhoben worden, welcher in Sachen dieser Art der Gewißheit selbst völlig gleich zu setzen ist, s. Weltsystem. In diesem bekanntern Theile des Weltbaues hat die Sonne den vornehmsten Platz, und um sie läuft eine ziemliche Anzahl dunkler Körper, welche von ihr Licht und Wärme empfangen, und dadurch zu Wohnplätzen empfindender Wesen geschickt werden. Verbindet man hiemit den Gedanken, daß jeder Fixstern eine Sonne, mithin zu ähnlichen Wirkungen geschickt ist, s. Fixsterne (Th. II. S. 267.), so dringt sich fast unwiderstehlich die Vermuthung auf, jede dieser unzählbaren Sonnen sey von Planeten umgeben, und

Digitized by Google

bilde mit ihnen ein Syſtem, wie das unſrige, wodurch die Menge der Wohnplätze für empfindende und der Glückſeligkeit fähige Geſchöpfe weit über alles vervielfältiget wird, was unſere Vorſtellungen zu faſſen vermögen.

Dieſe erhabne, der unendlichen Größe und Güte des Schöpfers ſo würdige, Muthmaßung iſt unter dem Namen der Lehre von der Mehrheit der Welten bekannt, ſ. Welt. Schon einige der älteſten Weltweiſen haben dieſe Lehre vorgetragen, wiewohl man zu ihrer Zeit von der Größe und Entfernung der Geſtirne noch ſehr eingeſchränkte Begriffe hatte. Man findet viele dergleichen Behauptungen beym Plutarch (De placitis Philoſ. L. I. cap. 5. L. II. c. 13. 30). Die Pythagoräer Philolaus, Nicetas und Heraklides lehrten, daß jedes Geſtirn eine Welt ſey; die Unzählbarkeit dieſer Welten war ein eigner Satz des epikureiſchen Lehrgebäudes (ſ. auch *Lucret.* de rer. nat. L. II. v. 1086.) und Metrodor von Epheſus behauptete, in den unendlichen Raum nur eine Welt zu ſetzen, ſey eben ſo ungereimt, als in einem unermeßlichen Felde nur eine einzige Aehre zu ſuchen. Auch Xenophanes, Zeno von Elea, Anaximenes und Anaximander lehrten die Vielheit der Welten, oder nahmen doch Bewohner der Geſtirne an. Sehr umſtändlich ſind dieſe Meinungen der Alten beym Fabricius (Bibliotheca graeca, To. I. Cap. 20.) geſammlet. Da inzwiſchen das wahre Planetenſyſtem noch nicht ſo allgemein und genau, wie jetzt, bekannt war, ſo ſcheinen die mehrern κοσμοι der Alten wohl eher einzelne bewohnte Kugeln, als die jetzt angenommene Mehrheit der Planetenſyſteme, anzudeuten.

Das copernicaniſche Syſtem erweiterte die Begriffe von dem Umfange des Weltraums und von den Größen und Abſtänden der Fixſterne bis zum Erſtaunenswürdigen. Dieſe Geſtirne wurden nun unſerer Sonne ganz gleich und faßten zwiſchen ſich Raum genug für zahlreiche Planetenſyſteme. Jordan Brunus (De innumerabilibus, immenſo et infigurabili. Frf. 1591.) trug die Lehre von unzählbaren Welten in einem Gedichte vor, und verband damit die Idee von Unendlichkeit des Weltbaus ſowohl dem Raume,

als der Zeit nach. Keplern feſſelten ſeine Träume von gewiſſen Verhältniſſen im Weltbau, welche ſich auf die regulären Körper der Geometrie bezögen. Dieſer Wahn band ihn an das alte Vorurtheil, daß ſich unſere Sonne als Hauptkörper des ganzen Weltalls, vor allen andern auszeichne. Er unterſchied ſie alſo von den Fixſternen, und umgab unſer Syſtem mit einem weiten leeren Raume, jenſeit deſſen erſt der dichter beſetzte Fixſternhimmel anfange. Aber Huygens (Κοσμοθέωρος ſ. de terris coeleſtibus, earumque ornatu conjecturae. Hagae Com. 1698. 4.) erhob ſich viel weiter. Zwar betrift der gröſte Theil ſeiner Betrachtungen nur die Bewohnbarkeit der Planeten; er widerlegt aber am Schluße derſelben (p. 130 ſqq.) Keplers Wahn, und zeigt, daß uns nichts hindere, jeden Fixſtern eben ſowohl, wie unſere Sonne, mit bewohnten Planeten umgeben zu gedenken, woraus eine über alles erhabne Vorſtellung von der Pracht und Größe des Weltgebäudes entſpringe. Vornemlich hat Herr von Fontenelle (Entretiens ſur la pluralité des mondes. Paris, 1686. 12. 1719. 12. Bernh. v. Fontenelle Geſpräche von mehr, als einer Welt, a. d. frz. von J. C. Gottſched. Leipz. 1730. 8.) dieſe Lehre mit der ihm eigenthümlichen Anmuth der Einkleidung und Lebhaftigkeit der Schreibart vorgetragen. Dieſer leſenswürdigen Schrift, welche leider mit einer Menge Erklärungen aus dem Syſtem der carteſianiſchen Wirbel durchflochten iſt, hat Herr Bode (Bernh. v. Fontenelle Dialogen über die Mehrheit der Welten, überſ. mit Anmerkungen und Kupfertafeln. Berlin, 1780. 8. 2te Aufl. 1789. 8.) durch beygefügte Berichtigungen und Zuſätze eine ſehr vortheilhafte, dem jetzigen Zuſtande der Wiſſenſchaften angemeſſene, Geſtalt gegeben, in welcher ſie wiederum in die franzöſiſche Sprache überſetzt, mithin in ihr Vaterland mit den Verbeſſerungen eines Deutſchen zurückgekehrt iſt.

Demnach ſcheint das Weltgebäude aus einer zahlloſen Menge von Sonnenſyſtemen zu beſtehen, von welchen nur dasjenige, wozu unſere Erde ſelbſt gehört, uns genauer bekannt iſt. Aber ſelbſt unter dieſen Syſtemen und ihren Sonnen muß, der Analogie gemäß, noch eine weitere Subor-

Digitized by Google

dination statt finden, über deren Beschaffenheit uns jedoch nur schwache Muthmaßungen verstattet sind.

Dürften wir uns alle diese Sonnensysteme als Kugeln von fast gleicher Größe, die sämmtlich einander berührten, vorstellen, so würden solcher Kugeln um eine mittlere, z. B. um unsere Sonnenwelt, zunächst zwölf an der Zahl liegen können. Jede derselben wäre ein wenig größer, als die mittlere, und der übrigen müßten dann immer mehr werden, je weiter sie abstünden, so daß um die ersten 12 eine zweyte Lage von mehreren (etwa 52), um diese eine dritte von noch mehr Kugeln u. s. w. statt fände. Geometrische Untersuchungen hierüber hat Herr Kästner (Dissert. mathem. et phys. Altenb. 1757. 4. no. IX.) angestellt. Wären nun auch die in der Mitte der Kugeln befindlichen Sonnen alle gleich groß, so würden uns die zwölf nächsten als eben soviel Sterne der ersten Größe, die der zweyten, dritten Lage u. s. w. als Sterne der folgenden Größen mit immer wachsender Anzahl erscheinen. Nun zählt man in der That zwölf Sterne, die ganz entschieden zur ersten, über 60, die zur zweyten, über 200, die zur dritten gehören. Aber man sieht bald, daß sich diese Anwendung nicht weit treiben lasse, weil die Sterne weder gleiche Größen noch eine so regelmäßige Stellung zeigen, als bey dieser Anordnung statt finden müste.

Thomas Wright (An original theory of the universe. London, 1750. 4. maj.) trägt in einem mit prachtvollen Abbildungen des Fixsternhimmels begleiteten Werke den Gedanken vor, die Fixsterne stünden in ordentlichen Lagen und gleichen Entfernungen, und schienen uns nur unordentlich, weil wir sie nicht aus der gehörigen Stelle betrachteten. So scheint das System der Jupitersmonden auf den ersten Blick unordentlich, und eben so müßte einem entfernten Auge unser ganzes Planetensystem vorkommen, obgleich in beyden die schönste Ordnung herrscht. Aber hier liegt die Ordnung in der Bewegung durch Bahnen, und geht beym Anblicke darum verlohren, weil das Auge die Körper nur in einzelnen Stellen dieser Bahnen sieht. Bey den Fixsternen könnte wohl etwas ähnliches statt finden, da man

Digitized by Google

jetzt weiß, daß auch sie eigne Bewegungen haben, die jedoch Wright in dieser Beziehung nicht betrachtet. Seine Erklärung geht vielmehr dahin, daß sich die Reihen der Sterne hauptsächlich durch die Ebne der Milchstraße erstrecken, und nach dieser Richtung ohne Vergleichung häufiger, als nach den übrigen, hinter einander liegen. Er giebt auf zwo Platten eine vortrefliche Abbildung dieses bewundernswürdigen Streifens, und berechnet in selbigem, indem er ihn 9° breit, und in jeden Quadratgrad 1200 Sterne setzt, die Anzahl der Weltsysteme auf 3888000. Durch diese Gedanken veranlaßt hat auch Herr Kant (Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels. Königsberg, 1755. 8.) ähnliche Muthmaßungen über die Lagen der Fixsterne mitgetheilt. Und in der That lehrt der Anblick der Milchstraße unwidersprechlich, daß die ganze Schöpfung der Fixsternwelten durch diese Fläche am weitsten, also nicht durch einen kugelförmigen, sondern vielmehr flachen, scheibenähnlichen oder sehr platten sphäroidischen Raum ausgebreitet sey.

Lambert (Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues. Augspurg, 1761. gr. 8.) hat diese Muthmaßungen mit seinem gewöhnlichen Scharfsinne viel weiter verfolgt. Er stellt sich vor, daß alle ausserhalb der Milchstraße liegende zerstreut erscheinende Fixsterne zusammen ein einziges System ausmachen, zu welchem unsere Sonne selbst mit gehört. In der Ebne der Milchstraße liegen nun in unermeßlichen Reihen hintereinander nicht blos einzelne Fixsterne mit ihren Planeten, sondern ganze dem vorigen gleiche Systeme, zu deren jedem viele tausend Sonnen, jede mit ihren Planeten, gehören. Obgleich die einzelnen Sonnen schon sehr weit auseinander stehen, so sind doch die Abstände zwischen diesen Systemen noch bey weitem größer. Ein solcher für unsere Vorstellung ungeheurer Abstand befindet sich auch zwischen unserm Fixsternsystem, das sich über den ganzen gestirnten Himmel verbreitet, und den übrigen, deren vereinigter Glanz uns die Erscheinung der Milchstraße verursacht.

Digitized by Google

Hieraus erklärt sich sehr schön, warum der Rand der Milchstraße so deutlich abgeschnitten ist. Man stelle sich auf dem Boden etliche tausend Reihen von Lichtern in gleichen Entfernungen vor, setze über diese Schicht noch hundert andre gleiche Schichten, und bringe das Auge in die Mitte des Ganzen. Schaut es hier über oder unter sich, so wird es nur so Lichter in einer Reihe finden; je mehr es sich gegen den Horizont wendet, desto mehr wird die Anzahl derselben zunehmen, und endlich werden im Horizonte selbst viele tausend hinter einander liegen. Aber nirgends wird sich in dieser Erscheinung ein Absatz, wie an dem scharf begrenzten Rande der Milchstraße, finden lassen. Man mache nun eine Aenderung, lasse zwar die nächsten Lichter um das Auge herum stehen, nehme aber zwischen diesen und den entferntern einen großen Kreis oder Ring davon hinweg; so werden die nächsten Lichter an Größe und Deutlichkeit kenntlich bleiben; die entferntern werden sich blässer, undeutlicher, dicht bey einander in einem Kreise zeigen, und der Absatz zwischen diesem Kreise und den zerstreuten nahen Lichtern wird desto stärker in die Augen fallen, je größer der von Lichtern leere Raum ist. Eben so müsten sich die Sterne allmählich und ohne Absatz gegen die Milchstraße zusammendrängen, wenn sich nicht zwischen ihnen und der letztern ringsum ein großer leerer Abstand befände, dessen Größe den Abstand unserer Fixsterne von einander selbst viele tausendmal übertreffen muß. Nur eine solche Absonderung kan den scharf begrenzten Rand der Milchstraße begreiflich machen.

In unserm Fixsternsysteme liegt unsere Sonne nebst uns nicht in der Mitte, sondern der Gegend des Adlers näher, wo uns die Sterne in geringerer Anzahl und zerstreuter erscheinen. Die Mitte des Systems scheint nach dem Orion oder großen Hunde hin zu liegen. Lambert giebt dem ganzen System eine langsame Bewegung um einen Haupt- oder Centralkörper, von dem er es unentschieden läßt, ob er eine Sonne oder eine dunkle Masse sey. Den Sirius dafür anzunehmen, ist er nicht geneigt; eher könnte man den bekannten Nebelfleck am Schwerdte des

Orions dafür halten; die Erfahrung müsse lehren, ob dieser Fleck periodische Lichtabänderungen nach der Theorie der Phasen zeigen und sich etwa dadurch als ein dunkler von umlaufenden Sonnen erleuchteter Körper zu erkennen geben werde.

Die Milchstraße setzt Lambert aus lauter ähnlichen durch eben solche Abstände getrennten Systemen zusammen, die er bisweilen selbst Milchstraßen nennt. Jedes einzelne System für sich würde wie ein blasses Wölkchen oder Nebelfleck erscheinen; alle zusammen schieben sich in einander, und bilden die lichte Zone, die doch an manchen Stellen unterbrochen, gespalten oder in kleine Wölkchen zertheilt scheint. Jedes dieser unzählbaren Systeme hat seinen eignen Hauptkörper, und vielleicht machen sie alle zusammen nur ein System einer noch höhern Ordnung aus, in dessen Mittelpunkte sich wieder ein Hauptkörper von einer noch beträchtlichern seinem ungeheuren Gebiete angemessenen Größe befindet; vielleicht muß man noch durch mehrere solche Ordnungen oder Stufen aufsteigen, ehe man die Grenze dieser Reihe erreicht, die dem Throne der Allmacht am nächsten ist, u. s. w.

Das Buch des verewigten Lamberts, welches diese Aussichten in das Reich der Schöpfung vorträgt, wird sowohl durch seinen großen Gegenstand, als durch den eignen philosophischen Gang in Zergliederung der Muthmaßungen und ihrer Gründe, äusserst lesenswerth. Bey solchen Vorzügen kan man zwar das Rauhe des Vortrags und der Sprache übersehen; dennoch wäre zu wünschen, daß die längst versprochne französische Uebersetzung dieses Werks mit Herrn d'Arquier's Anmerkungen bald erscheinen möchte.

Herr Bode (Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels, 5te Aufl. Berlin, 1788. gr. 8. III Abth. 4 Abschn.) stellt die Muthmaßungen über die Größe, Bewohnbarkeit und Anordnung der Fixsternwelt mit vieler Würde und Anmuth der Schreibart dar. Ohne sich genau an Lamberts Ideen zu binden, scheint er vielmehr alle Fixsterne der Milchstraße mit uns in ein einziges System zusammenzu-

Digitized by Google

ziehen, in welchem unsere Sonne die beym Worte Milchstraße (Th. II. S. 239.) angegebene Stelle haben, der Sirius aber die Centralsonne seyn könnte. Er fügt noch den erhabnen Gedanken bey, daß die Nebelflecke, welche gemeiniglich in einer länglichen oder elliptischen Gestalt erscheinen, nichts anders, als von fern gesehene ganze Milchstraßen, oder Systeme von Millionen Sonnen seyn mögen, von welchen wir blos den vereinigten Glanz wahrnehmen, und von denen das Licht seinen Weg bis zu uns erst in Jahrtausenden vollendet. Und vielleicht, fährt er fort, kan es noch eine Menge derselben in größern Entfernungen geben, von denen das Licht erst nach Millionen Jahrtausenden zu uns gelangt, die wir also mit unsern besten Fernröhren nie sehen werden. Endlich können wir noch setzen, daß dies dennoch nur den kleinsten Theil von dem Ganzen ausmachen kan, was der Allmächtige werden hieß. Denn die Grenzen der Schöpfung werden durch alle unsere Vorstellungen noch nicht erreicht.

Die Anzahl der bekannten Nebelflecken und Sternhaufen hat sich durch die neuern Beobachtungen des gestirnten Himmels sehr ansehnlich vermehrt, und Herr Herschel (On the construction of the Heavens. London 1785. 4. auch in Philos. Trans. Vol. LXXV.) hat uns durch seine Entdeckungen in diesem Fache so viel Erläuterung der vorigen Muthmaßungen, und überhaupt so viel Aufschlüße über den Bau der Sternhimmel verschaft, daß seine Theorie der Fixsternhaufen fast ganz ein treues Gemälde der Natur zu seyn scheinet. Stellt man sich vor, daß alle Sterne ursprünglich ihren angewiesenen Platz im Weltraume bekamen, und gegen einander gravitirten, so mußten die größern benachbarte kleinere näher gegen sich ziehen, und die vereinte Kraft aller muste dieses System immer mehr vergrößern. Die Gestalt dieser Systeme muste nach der Größe des Hauptkörpers, und nach der ursprünglichen Lage und Größe der benachbarten Sterne sehr verschieden seyn, und je reicher sie an Sternen wurden, desto ansehnlichere leere Räume musten zwischen ihnen entstehen. Herr Herschel giebt überdies diesen Sternen, so wie den ganzen Syste-

Digitized by Google

men, Bewegung, um durch die daraus entstehende Schwungkraft einen Beharrungsstand zu erhalten, und das Zusammensinken der Schöpfung in eine einzige Masse zu verhindern. So entstehen mehrere Ordnungen solcher Systeme, und ihre Theorie wird der lambertischen ganz ähnlich. Das Auge eines Zuschauers, der noch weit vom Mittelpunkte eines Systems steht, wird den Rand oder die Grenzen desselben nicht erreichen, entfernte andere Systeme werden ihm nur in heitern Nächten als blasse Wölkchen, und mehrere nach einer Fläche ausgebreitete Systeme, die zusammen wieder ein System einer höhern Ordnung bilden, als ein lichter die Sphäre umgebender Gürtel, erscheinen. Dabey kann gleichwohl das Gesicht noch so begrenzt seyn, daß man von der Schöpfung, die man ganz zu sehen glaubt, in der That kaum den tausendsten Theil sieht. Herr Herschel entwirft von dieser Theorie eine Zeichnung nach seinen Beobachtungen, welche den uns sichtbaren Himmel als ein System der dritten Ordnung von mehrern Millionen Sternen darstellt. Nach seinem Maaßstabe, wo der Abstand des Sirius von uns nur $\frac{1}{850}$ Zoll beträgt, sind alle in den heitersten Nächten sichtbare Sterne in einem Umfange von $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser enthalten. Aber in 1000, ja 6 bis 8000fachen Siriusfernen schweben mehrere Systeme, von jenem an Größe und Sternenzahl wenig verschieden; ihre zahllosen Sonnen, mit Planeten umgeben, bieten überall Flächen zur Bewohnung dar, und wo in diesen unermeßlichen Gefilden schicklicher Raum ist, da wallen Wesen, die sich glücklich fühlen!

Nur mit Mühe enthalte ich mich, die Empfindungen auszudrücken, zu welchen die Betrachtung dieser großen und herrlichen Schöpfung ganz unwiderstehlich dahinreißt. Es sind Empfindungen der Bewunderung und Anbetung des Unendlichen, gegen dessen unbegrenzte Macht und Herrlichkeit alles, was wir sonst erhabenes denken mögen, in ein unbedeutendes Nichts verschwindet. Welch ein Gott ist der Herr, der Urheber und Beherrscher dieser Welten, der wohlwollende Vater aller Wesen ohne Zahl,

Digitized by Google

welche vom Anbeginn der Schöpfung Leben und Glückseligkeit in seinen Wohnplätzen genossen haben,

— — the glorious Architect
In this His universal Temple, hung
With Lustres, with innumerable Lights,
That shed Religion on the Soul; at once
The Temple and the Preacher! O how loud
It calls Devotion!
Devotion, Daugther of Astronomy!
An undevout Astronomer is mad.

YOUNG's Complaints, Night 9. v. 764 sqq.

de la Lande astronomisches Handbuch, a. d. Frz. Leipzig 1775 gr. 8. §. 976 u. f.

Lamberts Cosmologische Briefe, an mehrern Stellen.

Bode Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels, a. a. O.

Lichtenbergs Magazin für das Neuste aus der Phys. und Naturgeschichte IV. Band, 2tes Stück. S. 115 u. f.

Weltgegenden, Plagae mundi, *Ploges*. Man theilt insgemein den Horizont an jedem Orte in 32 gleiche Theile, so daß jeder dieser Theile einen Bogen von $\frac{1}{32}$° $= 11\frac{1}{4}$° fasset. Jeder Eintheilungspunkt bekömmt alsdann einen besondern Namen; alle zusammen aber heissen die **Weltgegenden**, und wenn ein Phänomen über einem dieser Punkte erscheint, oder eine Linie sich nach demselben richtet, so sagt man, das Phänomen erscheine, oder die Linie richte sich, nach dieser oder jener Weltgegend. Da die Schiffer die Richtung der Winde auf diese Art angeben, so heißen diese Gegenden bisweilen auch die 32 **Winde**.

Bey dieser Eintheilung wird die Mittagslinie zum Grunde gelegt, s. **Mittagslinie**. Taf. XXVI. Fig. 77 sey NWSO der Horizont, NS die Mittagslinie des Orts C. Die Punkte N und S, in welchen die Mittagslinie den Horizont trift, s. **Mitternachtspunkt**, **Mittagspunkt**, haben von den Schiffern die Namen **Nord** und **Süd** erhalten. Setzt man auf NS die Linie WO senkrecht durch den Mittelpunkt C, so bestimmt sie im Horizonte die beyden Punkte W und O, s. **Abendpunkt**, **Morgenpunkt**, in welchen der Horizont vom Aequator durchschnitten wird.

Digitized by Google

Dieſe werden von den Schiffern **Weſt** und **Oſt** genannt. Die vier Punkte N, W, S, O, heißen die **Cardinalpunkte**, und beſtimmen die vier **Hauptgegenden**; (plagae cardinales); ſie theilen auch den ganzen Horizont in vier gleiche Quadranten, ſ. **Cardinalpunkte, Hauptgegenden, Mitternacht, Abend, Mittag, Morgen.**

Die übrigen Weltgegenden werden durch fortgeſetzte Halbirung der Quadranten NW, WS, SO, ON beſtimmt. Die erſte Halbirung giebt die vier **erſten Nebengegenden** (plagae intermediae, *points collatéraux*). Einer jeden Name wird aus den Namen der beyden Hauptgegenden, zwiſchen denen ſie liegt, ſo zuſammengeſetzt, daß die in der Mittagslinie liegende Gegend zuerſt genannt wird. So heißen dieſe Gegenden **NordWeſt, SüdWeſt, Süd Oſt, NordOſt.**

Eine fernere Halbirung dieſer acht Bogen giebt acht zweyte **Nebengegenden.** Jeder Name beſteht aus dem Namen der nebenliegenden Hauptgegend und erſten Nebengegend. Dieſe Namen ſind alſo: **NordNordWeſt; WeſtNordWeſt; WeſtSüdWeſt; SüdSüdWeſt; SüdSüdOſt; OſtSüdOſt; OſtNordOſt; NordNordOſt.** Dieſe 16 Weltgegenden ſind in der Figur vorgeſtellt.

Endlich giebt die nochmalige Halbirung der ſechszehn nunmehrigen Bogen noch eben ſo viel **dritte Nebengegenden**, deren jede entweder an einer Hauptgegend oder an einer erſten Nebengegend anliegt, und von dieſer anliegenden den Namen bekömmt, welcher durch die Sylbe **gen** mit der Hauptgegend verbunden wird, nach welcher die zu benennende Gegend von jener anliegenden abweicht. Dieſe Namen ſind: **Nord gen Weſt; NordWeſt gen Nord; NordWeſt gen Weſt; Weſt gen Nord; Weſt gen Süd; SüdWeſt gen Weſt; SüdWeſt gen Süd; Süd gen Weſt; Süd gen Oſt; SüdOſt gen Süd; SüdOſt gen Oſt; Oſt gen Süd; Oſt gen Nord; NordOſt gen Oſt; NordOſt gen Nord; Nord gen Oſt.**

Digitized by Google

Die Namen zeigen offenbar, daß dieſe Eintheilung von deutſchen oder holländiſchen Schiffern herrührt. Sie werden aber jetzt von allen Europäern gebraucht. Die Namen der Griechen und Römer kommen mit unſern Weltgegenden nicht genau überein, weil jene den Horizont, in 12 oder 24 Theile theilten (ſ. *Riccioli* Almag. nov. II. 17.). Lateiniſche Namen für unſere Winde ſchlägt **Varenius** (Geogr. gener. L. I. c. 20. prop. 4-8.) vor.

Man findet die Weltgegenden, wenn die Mittagslinie des Orts beſtimmt iſt, vermittelſt der **Windroſe**, von der noch ein eigner Artikel dieſes Wörterbuchs handelt.

Man hat gefragt, ob wohl die Lage der Weltgegenden an einerley Orte der Erde ſtets unverändert bleibe, oder was eben ſo viel iſt, ob die Mittagslinie eines jeden Orts immer eben dieſelbe ſey. **Picard** (Voyage d'Uranibourg, à Paris 1680 fol.) fand die Poſitionswinkel verſchiedener Orte mit der Mittagslinie durch Uranienburg ſämtlich um 18 Minuten anders, als **Tycho** dieſelben faſt hundert Jahr vorher angegeben hatte. Picard ſelbſt vermuthet, Tycho habe dieſe Winkel nicht mit der gröſten Schärfe beſtimmt, weil ſeine Abſicht blos auf eine Situationskarte der Inſel Huen gegangen ſey. Dennoch war in dieſen Beſtimmungen der Fehler von 18 Minuten in der Lage der Mittagslinie offenbar, und ſchien zu beträchtlich, um ihn einem Aſtronomen von Tychos Sorgfalt und Geſchicklichkeit zuzutrauen. Dies brachte nun einige, beſonders **Wallis** (Philoſ. Transact. num. 255. p. 289.) auf die Vermuthung, daß die Mittagslinie, und mit ihr alle Weltgegenden, an jedem Orte ihre Lage von Zeit zu Zeit änderten.

Es hat ſich aber dieſe Muthmaſſung nicht beſtätiget. **Caſſini** hatte zwar an dem von **Egnaz Dante** errichteten Gnomon in der Petroniuskirche zu Bologna bey der erſten Prüfung 1655 die Mittagslinie fehlerhaft gefunden, und daher eine neue gezogen. Dieſe aber fand er 1695 noch immer in der vorigen Lage, und ſie hat ſich noch in der Mitte des gegenwärtigen Jahrhunderts durch **Manfredi's** zahlreiche Beobachtungen (Comm. Bonon. Tom. II. u. De

Digitized by Google

gnomone Bononienſi) aufs neue unverändert richtig gezeigt. Bey den ſorgfältigen und lange Zeit fortgeſetzten Beſtimmungen der Mittagslinie der pariſer Sternwarte hat man auch keine Spur einer ſolchen Veränderung wahrgenommen.

Uebesdies fand Chazelles (*du Hamel* Hiſt. Acad. reg. p. 420. ingl. Eloge de M. *de Chazelles* in Mém. de l'acad. des ſc. 1710.) die gröſte egyptiſche Pyramide, die er 1693 unterſuchte, mit ihren vier Seiten genau nach den vier Hauptgegenden gerichtet. De la Caille (Mém. de l'acad. 1761. p. 160.) meldet aus Chazelles Handſchriften, daß die Unterſuchung mit einem Compaſſe geſchehen ſey, deſſen Nadel vier Zoll lang geweſen, und den er an die Seiten der Pyramide angehalten habe. Da man eine ſolche Uebereinſtimmung nicht als Zufall anſehen kann, ſo muß man annehmen, die Lage der Weltgegenden ſey von den Urhebern der Pyramide geſucht worden, und ſeit dieſer Zeit unverändert geblieben. Doch würde Herr Witte, der die Pyramiden für vulkaniſche Producte hält, dieſe Schlüſſe nicht zugeben.

Wie aber dem auch ſey, ſo hat man keinen Grund, die Lage der Welgegenden für veränderlich anzunehmen, und es iſt vielmehr die Stellung der Weltpole gegen den Horizont überall als unveränderlich anzuſehen.

Weltkugel, ſ. Himmelskugel, Sphäre.

Weltpole, Pole des Himmels, Pole des Aequators oder der täglichen Umdrehung, Poli mundi, Poli caeleſtes, Poli aequatoris. *Poles du monde, Poles de la ſphere, Poles de l'équateur.* Die beyden Punkte der Himmelskugel P und S, Taf. VIII. Fig. 2. welche bey der ſcheinbaren täglichen Umdrehung unbewegt zu bleiben ſcheinen — die Endpunkte der Weltaxe PS. Sie correſpondiren mit den Polen der Erde p und s, d. i. ſie liegen am Himmel gegen das Zenith eines jeden Ortes ſo, wie die Pole auf der Erdfläche gegen den Ort ſelbſt liegen. Sie ſind zugleich die Pole des Aequators und aller mit ſelbigem parallelen Tagkreiſe.

Digitized by Google

Da ſich beyde Pole dem Durchmeſſer nach entgegenſtehen, ſo fällt jedem Orte der Erde nur einer derſelben über den Horizont. Nur in der geraden Sphäre, oder unter dem Aequator der Erde, ſcheinen beyde Pole im Horizonte ſelbſt zu liegen, ſ. Sphäre. Der in unſern Ländern ſichtbare P heißt der **Nordpol**, auch der **mitternächtliche** oder von dem ihm nahen Sternbilde des Bäres (ἄρκτος) der **arktiſche Pol** (Polus ſeptemtrionalis, borealis, arcticus, *Pole ſeptentrional, boréal*); der entgegengeſetzte S der **Südpol**, der **mittägliche, antarktiſche Pol** (Polus meridionalis, auſtralis, antarcticus, *Pole méridional, auſtral*). Die Römer überſetzen das griechiſche πόλος durch Vertex (Cic. de Nat. Deor II. 41.); ſo ſagt **Virgil** (Georg. II. 242.)

Hic *vertex* nobis ſemper ſublimis, at illum
Sub pedibus Styx atra videt, manesque profundi.

Oft ſetzen auch die Dichter Axis für den Nordpol, wie axis inocciduus beym **Lucan** (Pharſal. I. 175.)

Die Stelle des Nordpols am Himmel ohngefähr zu finden, dient der Polarſtern. Hat man dieſen nach der im Artikel **Polarſtern** gegebenen Anleitung aufgeſucht, ſo hat man die Stelle des Nordpols anjetzt faſt zwey Grad weit von demſelben, in gerader Linie nach dem dritten Sterne α im Schwanze des großen Bären oder nach dem innerſten der Deichſel des Himmelswagens zu. Um ſie genauer zu finden, müſte man Mittagslinie und Polhöhe ſuchen, und die Axe eines Fernrohrs dem gemäß richten.

Gröſte Kreiſe durch die Weltpole geführt, ſtehen auf dem Aequator ſenkrecht, und heiſſen **Abweichungskreiſe**, weil auf ihnen die Abweichung der Geſtirne gemeſſen wird, **Stundenkreiſe**, wenn ſie in der unbeweglichen Himmelsfläche betrachtet werden. Zu jenen gehören die **Koluren**, zu dieſen der **Mittagskreis**, der ſechſte Stundenkreis, welcher durch den Morgen- und Abendpunkt geht, u. ſ. w.

Die Stellen der Weltpole werden durch die Lage der Erdaxe beſtimmt, von der die Weltaxe eine Verlängerung iſt. Nun verändert ſich die Lage der Erdaxe gegen die Fix-

Digitized by Google

ſterne theils fortgehend, ſ. **Vorrücken der Nachtgleichen**, **Schiefe der Ekliptik**, theils periodiſch, ſ. **Wanken der Erdaxe**. Daher iſt auch die Lage der Pole gegen die Fixſterne veränderlich. Weil aber doch die Weltpole ſtets einerley Lage gegen den Horizont eines jeden Orts der Erde behalten, ſo ſieht man ſie in der ſphäriſchen Aſtronomie als unbeweglich an, und betrachtet die gedachten Veränderungen ſo, als ob ſie von Bewegungen der Fixſterne oder der Pole und Punkte der Ekliptik herrührten.

Weltſyſtem, Weltordnung, Sonnenſyſtem, Planetenſyſtem, Syſtema mundi ſ. coſmicum, Syſtema ſolare, planetarium, *Syſteme du monde*, *Syſteme ſolaire ou planétaire*. Dieſe Namen giebt man einer Anzahl mehrerer Weltkörper, welche in einer bekannten oder vermutheten Ordnung und Verbindung ſtehen. Man kennt ſolche Ordnungen nie aus unmittelbarer Erfahrung, ſondern immer nur durch Schlüſſe, die im Grunde hypothetiſch ſind. Daher bedeutet das Wort **Weltſyſtem** oder **Weltordnung** auch jede hierüber gemachte Hypotheſe, wie z. B. die ptolemäiſche, tychoniſche, copernicaniſche Weltordnung.

Durch ſolche Hypotheſen hat man nun vornehmlich die Ordnung desjenigen Syſtems zu erklären geſucht, wozu die Erde ſelbſt, nebſt der Sonne, und den ſogenannten Planeten und Nebenplaneten gehört, welches ſonſt auch den Namen **unſers Sonnenſyſtems** oder **Planetenſyſtems** führt, ſ. **Sonnenſyſtem**. Eine von dieſen Hypotheſen läſt ſich ihrer ungemein hohen Wahrſcheinlichkeit halber als ausgemachte Wahrheit betrachten, und wird daher jetzt von allen als das **wahre Weltſyſtem** angenommen. Sie ſtellt die Sonne als den einzig leuchtenden Hauptkörper und die dunkeln Planeten als Begleiter derſelben dar. Zugleich ſetzt ſie die Fixſterne in unermeßliche Entfernungen. Da nun alle dieſe Fixſterne auch Sonnen ſind, ſo darf man vermuthen, daß jeder derſelben ebenfalls von Planeten umgeben ſey, und mit ihnen ein ähnliches Syſtem,

Digitized by Google

wie das unsrige, bilde, worauf sich die fernern Muthmassungen über den Bau der Fixsternhimmel gründen, s. Weltgebäude.

In gegenwärtigem Artikel will ich zuerst eine kurze Geschichte der vornehmsten Weltordnungen vortragen, dann aber bey der copernicanischen insbesondere stehen bleiben, und endlich mit einer tabellarischen Uebersicht der im Weltsystem vorkommenden Größen und Bewegungen der Hauptplaneten beschließen.

Weltordnungen der Alten. Ptolemäisches System.

Nur durch das Gesicht allein, und mit unzählbaren optischen Täuschungen, können wir die Weltkörper beobachten, s. Gesichtsbetrüge. (Th. II. S. 467. 468.). Die scheinbaren Bewegungen der Planeten sind so verwickelt, daß man sie bey reiferm Nachdenken schlechterdings nicht für die wahren halten kann. Es kömmt also auf eine Hypothese an, welche sie alle hinreichend erklärt, und doch das wahre Ganze in eine einfache Ordnung bringt. Diese zu finden, war nun nicht das Werk weniger Jahre, noch eines gemeinen Verstandes.

Die vornehmsten aus einer solchen Hypothese zu erklärenden Erscheinungen sind die tägliche Umdrehung des Himmels, der jährliche Umlauf der Sonne, die auf der Schiefe beyder Bewegungen gegen einander beruhende Verschiedenheit der Tageslängen und Jahrszeiten, und die eigne Bewegung der Planeten. Bey der letztern bemerkt man das Sonderbare, daß Mars, Jupiter und Saturn am geschwindesten gehen, wenn sie bey der Sonne sind, alsdann langsamer fortrücken, endlich stillstehen, und, indem sie der Sonne gegenüber kommen, gar zurückgehen; Venus und Merkur hingegen sich nie über gewisse Grenzen von der Sonne entfernen, an diesen Grenzen allemal umkehren, und wieder bey der Sonne vorbey auf ihre andere Seite gehen, wozu noch kömmt, daß alle Planeten größer aussehen, wenn sie zurückgehen, und kleiner, wenn sie rechtläufig sind, wie dies vorzüglich beym Mars und der Venus ungemein stark in die Augen fällt.

Digitized by Google

Die Unbeweglichkeit der Erde scheint durch das deutliche Zeugniß der Sinne bestätigt zu werden. Natürlich musten also die ersten Beobachter des Himmels alle erwähnte Bewegungen der Gestirne für wirklich halten, und auf die Erde als einen ruhenden Mittelpunkt beziehen. Dennoch sollen die besondern Erscheinungen der Venus und des Merkur nach des **Makrobius** Zeugnisse (Somn. Scip. I. 19.) schon die ältern Egyptier bewogen haben, diesen beyden Planeten einen Umlauf um die Sonne zuzuschreiben. In der That muß auch die Betrachtung ihres Laufs, der die Sonne stets begleitet, gar bald auf eine solche Vermuthung führen. Man giebt dieser Weltordnung, die nur Venus und Merkur um die Sonne, alle übrigen Bewegungen aber um die ruhende Erde gehen läßt, gewöhnlich den Namen der **egyptischen**. **Vitruv** (De architectura IX. 4.) und **Martianus Capella** (De nuptiis Philologiae et Mercurii L. VIII.) tragen sie ebenfalls vor, ohne jedoch der Egyptier zu erwähnen. Sehr wahrscheinlich hat sie in der Folge zu denjenigen Systemen Anlaß gegeben, welche alle Planeten überhaupt um die Sonne gehen ließen.

Unter den Griechen kam man schon viel weiter. Es ist entschieden gewiß, daß die pythagoräische oder italische Schule bereits die Bewegung der Erde behauptet hat. **Aristoteles** (De caelo II. 13.) schreibt diese Lehre den Pythagoräern ausdrücklich zu, und giebt ihnen dabey mit vieler Mißbilligung eine große Menge von Ungereimtheiten Schuld. **Pythagoras** selbst scheint zwar nach dem, was **Plinius** (Hist. nat. II. 12.) und **Censorin** (De die natali c. 13.) von seiner Vergleichung der Planetenabstände mit den musikalischen Intervallen erzählen, eher die Erde in den Mittelpunkt gesetzt zu haben. Aber **Montucla** vermuthet, er habe die wahre Weltordnung als eine geheimere Lehre unter dem Symbol eines im Mittel der Welt befindlichen Feuers verborgen, bis erst später sein kühnerer Nachfolger **Philolaus** gewagt habe, sie öffentlich vorzutragen.

Digitized by Google

Es scheint unter den Alten fast eben so, wie in neuern Zeiten bey Wiederherstellung dieses Systems, verschiedene Meinungen über dasselbe gegeben zu haben. Denn von einigen wird blos erwähnt, daß sie der Erde eine Umdrehung um die Axe beygelegt, und hieraus die tägliche Bewegung erklärt haben. Dabey konnten sie noch immer die Erde als den Mittelpunkt des Umlaufs der Sonne und der eignen Bewegungen der Planeten ansehen. Diese Meinung legt Plutarch (De placitis philos. III. 13. 17) dem Heraklides von Pontus, Ekphantus und Seleukus von Erythräa bey. So erzählt auch Cicero die Behauptung des Nicetas von Syrakus (Nicetas Syracusius, ut ait Theophrastus, caelum, solem, lunam, stellas, supera denique omnia stare censet, neque praeter terram rem ullam in mundo moveri, quae cum circa axem se summa celeritate convertat et torqueat, eadem effici omnia, quasi stante terra caelum moveretur. *Cic.* Quaest. Acad. IV. 39.), wobey offenbar blos von der täglichen Bewegung die Rede ist. Andere aber gaben zugleich der Erde einen Umlauf um die Sonne. Dies erzählen Diogenes und Plutarch vom Philolaus von Crotona, Archytas von Tarent und Timäus von Lokris. Eben das ist auch, wie Archimed im Arenarius anführt, vom Aristarch von Samos sehr bestimmt gelehrt, und vom Plato selbst im spätern Alter angenommen worden. Plutarch versichert, dieser große Weltweise habe bedauert, in seinen frühern Schriften der Erde einen ganz unschicklichen Platz im Mittel des Ganzen angewiesen zu haben. Er beruft sich hiebey auf das nicht unwichtige Zeugniß des Theophrast, welcher eine anjetzt verlohrne Geschichte der Astronomie geschrieben hatte. Mit der Bewegung der Erde um die Sonne ist der Umlauf der übrigen Planeten um eben dieselbe so genau verbunden, daß man auch den letztern als eine Lehre der Pythagoräer ansehen muß, wenn gleich dessen bey den Schriftstellern nicht ausdrücklich gedacht wird. Man betrachtet daher das ganze copernicanische System als eine Meinung der italischen Schule, auch ist es von Ismael Boulliaud unter dem Namen des Philolaus (Philolaus, libr. IV. Amst.

Digitized by Google

1639. 4. Aſtronomia Philolaica. Paris, 1645. fol.) vorgetragen worden.

Inzwiſchen blieb doch bey weitem der gröſte Theil der griechiſchen Philoſophen und Aſtronomen bey dem ſinnlichen Scheine und der Unbeweglichkeit der Erde ſtehen. Ariſtoteles (De caelo L. I. et II.) vertheidigt dieſe Lehre mit vielen, obgleich unbedeutenden Gründen, und beſchuldigt die italiſchen Weltweiſen, daß ſie die Phänomene nach ihren Hypotheſen dreheten, anſtatt ſie aus denſelben zu erklären. Dieſer dreiſte Widerſpruch hat bey der großen und allgemeinen Verehrung der ariſtoteliſchen Sätze der guten Sache ungemein geſchadet, und noch in neuern Zeiten die ſchnellere Verbreitung der wiedergefundenen Wahrheit verhindert. Nach einer Stelle des Plutarch (De facie in orbe Lunae) müſte ſchon bey den Griechen die Bewegung der Erde als ein ketzeriſcher Lehrſatz betrachtet worden ſeyn. Es ſoll nemlich Ariſtarch von Samos geſagt haben, der Stoiker Kleanthes verdiene von den Griechen der Irreligion (ἀσεβείας) angeklagt zu werden, weil er die Feſtigkeit der Erde läugne (ὡς κινοῦν τοῦ κόσμου τὴν ἑστίαν). Da aber Ariſtarch nach den einſtimmigſten Zeugniſſen des Archimedes und anderer, ja nach einigen Stellen des Plutarch ſelbſt, ein einſichtsvoller Vertheidiger der Bewegung der Erde war, ſo ſind hier offenbar die Namen verfälſcht oder verwechſelt, und die Glaubwürdigkeit der Stelle bleibt ungewiß, wiewohl ſie immer zeigt, daß die Idee von Verbindung ſolcher Sätze mit der Religion ſchon im Alterthum gefunden werde.

Man ordnete um dieſe in der Mitte ruhende Erde die ſieben Bahnen des Monds, des Merkur, der Venus, der Sonne, des Mars, Jupiter und Saturn, und umgab dies alles mit der achten Sphäre der Fixſterne. Die Venus und den Merkur ließen zwar einige um die Sonne laufen; die meiſten aber führten ſie in Kreiſen um leere Mittelpunkte, und ließen dieſe Punkte mit der Sonne zugleich um die Erde gehen, wodurch die Erſcheinungen ebenfalls erklärt werden. Dabey ward es ſtreitig, ob dieſe beyden Planeten auſſerhalb oder innerhalb der Sonnenbahn um die Erde

Digitized by Google

liefen. Zu Platons Zeiten nahmen die meisten das letztere an. In dieser Gestalt wird nun das alte griechische System im Almagest des Ptolemäus dargestellt, und mit großer astronomischer Geschicklichkeit zur Erklärung der Phänomene angewendet. Es hat auch daher den Namen des ptolemäischen bekommen. Zwar war die Anordnung des Ganzen schon seit mehrern Jahrhunderten herrschend angenommen, und die Theorie der Sonnenbahn bereits von Hipparch ausgearbeitet; was aber den Lauf des Mondes und der Planeten betrift, ist ganz eigentlich das Werk des Ptolemäus selbst.

Dieser Astronom unternimmt im neunten Buche (c. 1. 2.) zu beweisen, daß die Erde unbewegt im Mittel stehen müsse. Die meisten seiner Gründe sind von dem Mangel einer Parallaxe der Fixsterne hergenommen. Merkur und Venus setzt er unter die Sonne, um sie als ihre beständigen Begleiter nicht auf einerley Seite mit den übrigen, die ihr bisweilen entgegengesetzt sind, zu bringen. Ueberhaupt gründet er die Ordnung der Planeten darauf, daß derjenige näher stehe, welcher seinen Kreislauf schneller vollende, wie man am Monde und der Sonne sehe, wovon jener offenbar näher sey, weil er die Sonne verfinstere, ingleichen am Saturn, der am langsamsten gehe, und zugleich wegen seines schwachen Lichts für den entferntesten müsse gehalten werden. Die obern Planeten läst er in Epicykeln gehen, wie EFGH, Taf. XXVI. Fig. 78, deren Mittelpunkt D sich in dem eccentrischen Kreise EABG bewegt. Die Erde T steht vom Mittelpunkte C um die Eccentricität CT ab, und jenseit C liegt in gleicher Weite der Punkt M, um welchen der Epicykel mit immer gleicher Winkelgeschwindigkeit umläuft. Die Bahn DABD wird während der mittlern Umlaufszeit des Planeten zurückgelegt; der Epicykel aber wird so durchlaufen, daß der Planet bey jeder Zusammenkunft mit der Sonne in H, und bey jeder Opposition in F ist. Hieraus erklärt sich der schnelle Lauf bey H, wo sowohl der Mittelpunkt D, als auch der Planet selbst, beyde nach E zu gehen; der Rückgang in F, wo der Planet im Epicykel schneller rückwärts

Digitized by Google

nach G zu geht, als der Mittelpunkt D vorwärts gegen E rückt; und der zweymalige Stillstand zwischen EF und FG, dessen Orte im zwölften Buche des Almagests geometrisch bestimmt, und mit den Beobachtungen übereinstimmend gefunden werden. Da der Punkt D bey A langsamer, bey B schneller fortgeht, so erklären sich daraus auch die Ungleichheiten der Stillstände und Rückgänge in den verschiedenen Theilen der Bahn, wenn man CT = CM der Größe und Lage nach so annimmt, wie es die Beobachtungen verlangen

Für Venus und Merkur folgt der Mittelpunkt D dem Umlaufe der Sonne, und der Epicykel wird in der Zeit zwischen zwo auf einerley Seite der Sonne statt findenden gröſten Elongationen durchlaufen. Für Merkur und Mond muß noch die Lage der Eccentricität veränderlich genommen, auch für jenen der Mittelpunkt der gleichförmigen Winkelbewegung von D zwischen C und T gesetzt, und zur Erklärung der Breiten ein Schwanken des eccentrischen Kreises supponirt werden.

Daß dies sehr verwickelt sey, läugnet Ptolemäus (XIII. 2.) selbst nicht. Er sagt aber, die Weltkörper wären lange nicht so schwer zu bewegen, als es uns fiele, ihre Bewegungen zu begreifen; das Einfache im Weltbau sey von anderer Art, als in den Werken der Menschen; und hier müsse die genaue Darstellung der Phänomene allen andern Rücksichten vorgezogen werden.

Physische Mittel, alle diese wunderbaren Bewegungen zu bewirken, giebt das Almagest gar nicht an. Die Meinung von den in einander steckenden durchsichtigen Sphären, welche sich wie Zwiebelschalen drehen und die Planeten mit sich herumführen sollen, gehört vielmehr dem weit ältern **Eudoxus** zu. **Aristoteles** (Metaphys. XII. 8.) führt sie mit Beyfall an; daher die Bücher des 16ten Jahrhunderts voll von ihr sind. Eudoxus gab jedem Planeten vier Sphären, deren eine die tägliche Umdrehung, eine die eigne Bewegung, eine die Veränderungen der Breite, und noch eine die Stillstände und Rückgänge bewirkte. Da für Sonne und Mond nur drey nöthig waren, so zählte er

Digitized by Google

deren 26, welche aber hernach von Kallippus und Polemarch mit Beystimmung des Aristoteles auf 56 vermehrt wurden. So frey das Almageſt von dem Vorwurfe dieſer thörichten Einbildung iſt, ſo kan man doch bey vorausgeſetzter Unbeweglichkeit der Erde die tägliche Umdrehung aller Geſtirne ſchwerlich anders, als durch Einſchließung derſelben in ſolche Sphären erklären, weil ſich ſonſt keine Verbindung angeben läſt, welche alle Sterne zugleich in parallelen Kreiſen um die Pole zu gehen nöthigte.

In der Folge wichen die Beſtimmungen dieſes Syſtems immer mehr vom wahren Himmelslaufe ab, je länger man die Beobachtungen fortſetzte, und je mehr man Ungleichheiten in den Bewegungen der Weltkörper wahrnahm. Die Araber, welche faſt alle die ptolemäiſche Weltordnung annahmen, fanden ſich zu mancherley Zuſätzen bewogen. Man muſte die Sonnenfernen fortrücken laſſen, den Mittelpunkten der eccentriſchen Kreiſe neue Bewegungen geben, oder auch neue Epicykel über die vorigen ſetzen. Dadurch ſtieg die Verwickelung ſo hoch, daß ſie gar wohl den König von Caſtilien Alfons X. zu dem bekannten unbeſonnenen Ausſpruche kan bewogen haben (Si a principio creationis humanae Dei altiſſimi conſilio interfuiſſet, nonnulla melius ordinatiusque condita fuiſſe. *Roderic. Sanctius* Hiſtor. Hiſpan. P. IV. c. 5).

Dennoch herrſchte dieſes Syſtem mit allem angehangnen Flickwerk auch nach der Wiederherſtellung der Wiſſenſchaften im Occident ohne Ausnahme. Die ſtarke Ueberredung von der Unbeweglichkeit der Erde, die der ſinnliche Schein gewährt, das Almageſt, welches damals die Hauptquelle der aſtronomiſchen Kenntniſſe ausmachte, und die abergläubiſche Verehrung des Ariſtoteles waren die feſten Stützen, auf welchen es bis zur Mitte des 16ten Jahrhunderts ganz unerſchüttert ruhete.

Copernicaniſche Weltordnung.

Nikolaus Copernicus war zu Thorn am 19 Jänner 1472 aus einem edlen Geſchlechte gebohren. Der große Ruf, den Regiomontan durch die Sternkunde erlangt hatte,

Digitized by Google

trieb ihn an, sich eben diesem Studium zu widmen, das er in Krakau, vorzüglich aber in Bologna unter dem Dominikus Maria von Ferrara erlernte. Er hatte einige Zeit in Rom als Professor der Mathematik gelehrt, als ihm seiner Mutter Bruder, damaliger Bischof von Wermeland, ein Canonicat im Domstifte Frauenburg verschafte, wodurch er hinreichende Musse erhielt, sich der Sternkunde ganz zu widmen.

Hiebey fielen ihm die Schwächen des alten Systems lebhaft in die Augen. Die Verwickelung der ptolemäischen Hypothesen, der gänzliche Mangel an Symmetrie und Ordnung, und das Ungeheure der Vorstellung, daß sich eine solche Maschine so schnell um die Axe drehe, als zur täglichen Bewegung erfordert wird; alles dies empörte sich gegen den Gedanken, daß diese Anordnung das wahre Werk der so einfachen Natur darstellen könne. Er beschloß daher, aus den Schriften der Alten alle Meinungen vom Weltbau zu sammlen und zu vergleichen. Hiebey fand er im Plutarch die Behauptungen der Pythagoräer, besonders des Philolaus. Die Idee, daß die tägliche Bewegung blos scheinbar sey, und durch die Umdrehung der Erde um ihre Axe bewirkt werde, fesselte ihn durch ihre Simplicität so unwiderstehlich, daß er sich ihr sogleich ergab, ob er gleich Anfangs noch zu furchtsam war, auch den jährlichen Lauf der Sonne für scheinbar zu erklären. Als er aber in der Folge beym Martianus Capella fand, man habe schon im Alterthum Venus und Merkur um die Sonne gehen lassen, so schien ihm dies gleichsam ein Stral eines ganz neuen Lichts; denn die Folgen dieser Voraussetzung treffen mit den Erscheinungen so auffallend zusammen, daß jeder von Vorurtheil freye Verstand das Wahrscheinliche dabey bemerken muß. Copernicus erstreckte dies bald weiter auf Mars, Jupiter und Saturn, und ward mit unbeschreiblichem Vergnügen gewahr, daß, wenn diese Planeten um die Sonne giengen, sich ihre Stillstände, Rückgänge, verschiedenen scheinbaren Größen ꝛc. von selbst, und ohne alle Epicykel, erklärten. Da nun so schon die meisten kleinern Körper um den grösten und glänzendsten bewegt wurden,

Digitized by Google

so war es natürlich, ihnen noch die Erde selbst zuzugesellen, und diese in einer eignen Bahn zwischen den Bahnen der Venus und des Mars ebenfalls um die Sonne zu führen. Copernicus bemerkte mit Bewunderung die große Simplicität dieser Anordnung, und ob er gleich sahe, daß sich die Phänomene auch durch den Umlauf der Sonne erklären ließen, wenn diese als Mittelpunkt die Bahnen der andern Planeten mit sich herumführte, so schien ihm doch dies die schöne Harmonie des Ganzen zu stören, in welchem nun alle kleinern Körper ohne Ausnahme um den größten liefen, und nur der einzige Mond ein Begleiter der Erde blieb. Durch diese Betrachtungen fand er sich schon um das Jahr 1507 überzeugt. Eine lange Reihe von Beobachtungen aber, wodurch er sein System in allen besondern Umständen prüfte und bestimmte, gab dieser Ueberzeugung eine unerschütterliche Festigkeit.

So vollendete er sein Werk (De orbium caelestium revolutionibus libri VI.) um 1530, wiewohl er die Bekanntmachung desselben noch eine lange Zeit verschob. Der Ruf davon hatte sich sehr verbreitet. Der Cardinal von **Schomberg**, Bischof von Padua, ersuchte ihn 1536 schriftlich um die Mittheilung seiner Sätze: **Georg Joachim**, insgemein **Rhäticus** genannt, gab die Professur der Mathematik zu Wittenberg auf, begab sich nach Frauenburg, und erbot sich, zu Vollendung der Sache behülflich zu seyn. Durch diesen sendete Copernicus endlich das Werk nach Deutschland, wo es zu Nürnberg 1543. fol. mit einer Zueignungsschrift an den Pabst Paul III. gedruckt ward. Er stellt in selbiger die Sache blos als Hypothese vor, die die Phänomene erkläre und den Weltbau in eine faßlichere Ordnung bringe; aber das Werk selbst lehrt deutlich, daß er diese Weltordnung mit Ueberzeugung für die einzige wahre und mögliche erkannt habe. Er konnte von den Eindrücken, welche seine Behauptungen machten, nicht Zeuge seyn: denn ein Blutsturz endigte sein Leben plötzlich am 24 May 1543, noch ehe sein Werk die Presse völlig verlassen hatte (s. *Ge. Joach. Rhetici* narratio de libris revol. caelest. Copernici. Gedani, 1546. 4).

Digitized by Google

Die copernicaniſche Weltordnung ſtellt die Sonne ins Mittel, und läſt um dieſelbe Merkur, Venus, die Erde, Mars, Jupiter und Saturn in eccentriſchen Kreiſen laufen, deren Halbmeſſer der Ordnung nach faſt, wie die Zahlen 4, 7, 10, 15, 52, 95 wachſen müſſen. Alle dieſe Bahnen werden nach einerley Richtung, die kleinern in kürzern, die größern in längern Zeiten durchlaufen. Die Erde, indem ſie die ihrige in einem Jahre zurücklegt, dreht ſich zugleich täglich um eine ſich immer parallel bleibende Axe, welche mit jeder auf die Ebne der Bahn lothrechten Linie einen Winkel von $23\frac{1}{2}^{\circ}$ macht. Sie wird in ihrem Laufe vom Monde begleitet, welcher um ſie monatlich einen Kreis nach eben der Richtung beſchreibt, deſſen Halbmeſſer im Verhältniſſe mit den obigen Zahlen etwa $\frac{1}{4\frac{1}{2}}$ betragen würde. Auch fallen alle dieſe Bahnen nicht vollkommen in einerley Ebne, obgleich die Winkel, um welche ſie ſich gegen einander neigen, nur wenige Grade betragen.

Ich halte für unnöthig, hievon eine Abbildung beyzufügen. Die wahren Verhältniſſe darinn auszudrücken, wäre ohne Verſchwendung des Raums nicht möglich; ohne dieſe Verhältniſſe aber bleibt jedes Bild weit hinter dem zurück, was ſchon die bloßen Worte viel deutlicher ſagen. Die Erklärungen der Phänomene aus dieſem Syſtem werde ich unten in einem eignen Abſchnitte zuſammenſtellen.

Des Copernicus Werk ward zwar von einigen der beſten Aſtronomen mit Beyfall aufgenommen. **Rhäticus** beſorgte zu Baſel (1566. fol.) eine neue Auflage deſſelben. **Erasmus Reinhold**, Profeſſor zu Wittenberg, berechnete nach dem Syſtem und den Beobachtungen des Copernicus neue Tafeln (Tabulae Prutenicae caeleſtium motuum. Wittemb. 1551. 4.), **Chriſtoph Rothmann** verbeſſerte in ſeiner Aſtronomie die ptolemäiſchen Hypotheſen nach dieſem Syſtem, und **Mäſtlin** ſoll nach **Weidlers** Anführen (Hiſt. aſtr. p. 396.) durch eine in Italien gehaltene Rede ſelbſt den großen Galilei zuerſt zum Copernicaner gemacht haben. Auf dieſe wenigen Namen aber ſchränkt ſich auch das ganze Verzeichniß der Copernicaner des 16ten Jahrhunderts ein, und ſelbſt **Mäſtlin** trägt in

seinem Lehrbuche (Epitome Astronomiae. Heidelb. 1582. 8.) nur das ptolemäische Weltgebäude vor. Man sieht wohl, daß diese Akademie sehr kaltsinnig war, weil man den Muth nicht hatte, sich über den sinnlichen Schein und die verjährten Vorurtheile des Ansehens zu erheben; vielleicht auch, weil Furcht und Mißtrauen manchen abhielt, sich den Machtsprüchen der Schule zu widersetzen, welche die Unbeweglichkeit der Erde aus dem Aristoteles und einigen buchstäblich erklärten Stellen der heiligen Schrift mit vermeinter Unfehlbarkeit behauptete.

Inzwischen hatte doch Copernicus die Mängel der alten Weltordnung fühlbarer gemacht. Man sahe ein, daß mit dieser nicht mehr auszureichen sey, und bemühte sich daher, neue Systeme zu erdenken, an welchen die damalige Zeit sehr fruchtbar ward. Unter diese gehört nun ausser denen von **Fracastori**, **Raimund Ursus** u. a. auch die Hypothese des **Tycho de Brahe**. Dieser große praktische Astronom suchte einen Mittelweg zwischen dem alten und neuen System, indem er aus dem letztern soviel annahm, als immer möglich war, ohne dem Aristoteles und der damaligen Schriftauslegung zu widersprechen.

Tychonisches Weltsystem.

Tycho de Brahe (De mundi aetherei recentioribus Phaenomenis liber secundus. Vranib. 1588. 4 maj. und nachher Pragae, 1603.) setzte zwar die Erde unbewegt ins Mittel, und ließ um sie den Mond und in größerer Entfernung die Sonne umlaufen: den übrigen fünf Planeten aber gab er Bahnen, welche um die Sonne giengen, deren Mittelpunkt also durch die Bewegung der Sonne selbst im Kreise herumgeführt ward. Man übersieht gar leicht, daß hiedurch die wahre Bewegung der Planeten wiederum in Epicykloiden geschehen muß, woraus die verschiedene Geschwindigkeit nebst den Stillständen und Rückgängen begreiflich wird, ohne die ptolemäischen Epicykel zu gebrauchen. Merkur und Venus beschreiben um die Sonne Kreise, deren Halbmesser kleiner ist, als der Halbmesser der

Digitized by Google

Sonnenbahn, so daß sie sich von der Sonne nie weiter, als um die scheinbare Größe dieser Halbmesser entfernen, und zwischen ihr und der Erde hindurchgehen können: der Halbmesser der Marsbahn ist größer, als der Halbmesser, aber kleiner, als der Durchmesser der Sonnenbahn, so daß zwar Mars nie zwischen Sonne und Erde kömmt, doch aber in den Oppositionen der Erde weit näher, als die Sonne, steht; die Bahnen des Jupites und Saturns endlich fallen weit über den ganzen Durchmesser der Sonnenbahn hinaus.

Schon unter den Alten sollen einige nicht blos Merkur und Venus, sondern auch alle übrigen Planeten, um die Sonne geführt haben, wohin das gehört, was (Almagest. XII. 1.) vom **Apollonius** von Perga angeführt wird, er habe die Stillstände und Rückgänge aus einem Umlaufe des Mittelpunkts der Hauptbahn erklärt. Denn eine solche Erklärung nöthigt unvermeidlich, den Mittelpunkt der Bahnen in die Sonne zu setzen. Inzwischen hat **Tycho** die Idee des Umlaufs um die Sonne nicht von den Alten, sondern von **Copernicus** selbst angenommen, den er nie anders, als mit Hochachtung, nennt. In einem andern Werke (Astronomiae instauratae Progymnasmata. Vranib. et Prag. 1602. 4. p. 661.) räumt er ein, daß sich der Lauf der Planeten aus der bloßen Bewegung der Erde weit leichter und kürzer, als aus den Epicykeln des Ptolemäus erklären lasse, daß Copernicus viele Thorheiten und widersprechende Sätze der Alten verbessert habe, und daß sein System weit genauer mit dem Himmel übereinstimme. Nur, setzt er hinzu, bleibe das Zeugniß der heiligen Schrift ein unüberwindliches Hinderniß gegen diese Weltordnung; und eben dies ist auch der vornehmste Grund, mit welchem er dieselbe in seinen Briefen an **Rothmann** bestreitet. Nimmt man aber aus der copernicanischen Ordnung blos die Bewegung der Erde hinweg, so ist das, was übrig bleibt, ganz genau das System des Tycho.

Dennoch wollte dieser große Astronom den Schein nicht haben, als ob seine Hypothese eine bloße Abänderung der copernicanischen sey. Er erzählt vielmehr, seine genauen

Digitized by Google

Beobachtungen der Parallaxe des Mars hätten ihm 1582 gezeigt, daß uns dieser Planet in der Opposition weit näher als die Sonne stehe — ein Umstand, der mit dem ptolemäischen System ganz unverträglich ist. Da er also weder dieses, noch das copernicanische, annehmen könne, so bleibe ihm nichts übrig, als den Mars, und so auch die übrigen Planeten um die Sonne, diese aber um die Erde zu führen.

Tychons Hypothese erklärt zwar die Erscheinungen völlig; aber immer noch durch höchst verwickelte und unnatürliche Bewegungen. Wer die tägliche und eigne Bewegung beyde als wirklich annimmt, der muß die Sonne so wohl, als die Planeten, in steten Schraubengängen oder Spiralen um die Erde führen. Welche Mechanik kann einen solchen Lauf durch Kräfte begreiflich machen? Da die Abstände der Himmelskörper von uns veränderlich sind, so müßten diese Schraubengänge bald enger, bald weiter werden; auch dürfen sie nie über die Wendekreise oder den Thierkreis ausschweifen, sondern die Körper müssen sich, sobald sie eine gewisse Grenze erreicht haben, in neuen Schraubengängen zurückwinden. Niemand hat es gewagt, diese Gänge selbst zu betrachten; alle tychonischen Planetentheorien setzen die tägliche Bewegung ganz bey Seite, und beschäftigen sich blos mit der eignen, die sie als abstrahirt ansehen. Die Mechanik des Himmels müste in diesem System jedes gefundene Resultat noch besonders durch eine neue Bewegung um die Weltpole abändern.

Inzwischen ward dieses System mit weit ausgebreitetem Beyfall aufgenommen, und verdrängte wenigstens die alte Weltordnung gänzlich. Seit dieser Zeit theilten sich die Astronomen nur in Copernicaner und Tychoniker, zu welchen letztern Riccioli, Rheita, Morin, Dechales und viele andere gehören. Aber selbst Longomontan, ein berühmter Schüler des Tycho (Astronomia Danica Amst. 1622. 4.) gieng von seinem Lehrer wenigstens darinn ab, daß er die tägliche Bewegung aus einer Umdrehung der Erde herleitete: weil er sich nicht entschließen konnte, dem ganzen Weltbau eine so schnelle Rotation beyzulegen,

Digitized by Google

deren Schwung Sterne und Planeten zerstreuen muß, wenn man nicht feste Sphären annehmen oder den Sternen mit den Alten geistige Wesen (Deos motores) zuordnen will. Bey dieser Meinung, der auch Origanus, Argolus u. a. beypflichten, werden die Schraubengänge großentheils vermieden, und die Schwierigkeiten vermindert; wer aber einmal so weit gegangen ist, die Erde umzudrehen, dem bleiben wenig Ursachen übrig, an ihrem Umlaufe um die Sonne zu zweifeln.

Bestätigung des copernicanischen Systems.

Zu Anfange des siebzehnten Jahrhunderts erschien endlich auf einmal der günstigere Zeitpunkt für die Sätze des Copernicus. Das neuerfundene Fernrohr in den Händen des Galilei zeigte durch den Augenschein das Ab- und Zunehmen der Venus und des Merkurs, das Daseyn der Jupitersmonden, die Aehnlichkeit des Monds mit der Erde, die Flecken der Sonne und deren Umdrehung um ihre Axe. Es ward nun unwidersprechlich gewiß, daß Venus und Merkur um die Sonne laufen, daß alle Planeten dunkel sind und von der Sonne erleuchtet werden, daß sich Weltkörper um Axen drehen können, daß die Erde nebst ihrem Monde sich in völlig gleichem Falle mit dem System des Jupiters und seiner Monden befinde, und daß die Sonne, als der einzige leuchtende und bey weitem gröste Körper sich vor allen übrigen als der vornehmste des Systems auszeichne. Zugleich hatte Galilei die Lehre von der Bewegung mehr aufgeklärt, und überhaupt die Schwäche mancher aristotelischen und scholastischen Sätze deutlich erwiesen. Dieser große und scharfsinnige Geist schwang sich über alle Vorurtheile empor, und begünstigte die Ausbreitung der copernicanischen Weltordnung, welche nun anfieng, allgemein einleuchtend zu werden.

Jetzt erst erhob sich das Vorurtheil gegen diesen bisher verachteten Feind, den es so unerwartet mit neuen und unbezwinglichen Waffen gegen sich auftreten sahe. Man suchte durch Auctoritäten zu erhalten, was man mit Gründen nicht länger vertheidigen konnte. Im Jahre 1615 er-

Digitized by Google

klärte die zur Büchercenſur verordnete Congregation der Cardinäle zu Rom die copernicaniſche Weltordnung für ſchriftwidrig und ketzeriſch, verdammte alle Stellen der Bücher de revolutionibus, welche das Syſtem als Thatſache darſtellen, beſonders die zwey Capitel, die des Ariſtoteles Gründe für die Unbeweglichkeit der Erde widerlegen, und die hieher gehörigen bibliſchen Stellen betreffen, verbot auch die dem Copernicus beypflichtenden Schriften des Foſcarini, und einiger andern.

Galilei ſelbſt, deſſen Entdeckungen und Aeuſſerungen dieſer neuen Meinung ſo vortheilhaft waren, ward noch in eben dem Jahre nach Rom vorgeladen, und entgieng der drohenden Gefahr nur durch die Erklärung, daß er bey der alten Lehre bleibe. Er dachte aber von nun an auf Mittel, die Wahrheit ſelbſt mit Genehmigung ihrer Gegner zu verbreiten. In dieſer Abſicht ſchrieb er eine ſchöne Vertheidigung des copernicaniſchen Syſtems, und erklärte in der Vorrede derſelben: „Da man auswärts geglaubt, „und ſelbſt in Schriften zu erkennen gegeben habe, es ſey „die Verurtheilung dieſer Sätze das Werk eines Tribunals „geweſen, welchem die Gründe, ſo man dafür anführen „könne, gänzlich unbekannt geblieben wären: ſo wolle er „vielmehr zeigen, daß die italiäniſchen Lehrer mit dieſen „Gründen eben ſo gut, als die gelehrteſten Ausländer, „bekannt wären.“ Eine ſo geſchickte Wendung verſchaffte ihm die Erlaubniß des Drucks ſeiner vortreflichen Geſpräche über die Weltordnungen (Dialogo di *Galileo Galilei* delle due maſſime ſiſteme del mondo, Tolemaico e Copernicano, in Firenze, 1632. 4.) welche in der lateiniſchen Ueberſetzung des Matthias Bernegger (Dialogi de ſyſtemate coſmico, 1635. Lugd. 1641. 4.) allgemein geleſen wurden. Dieſe Schrift macht nebſt einer andern ſchon vorher erſchienenen (Novantiqua SS. Patrum et probatorum Theologorum doctrina, de ſacrae ſcripturae teſtimoniis in concluſionibus mere naturalibus temere non uſurpandis, ital. et lat. Aug. 1636. 4.) die glorreichſte Vertheidigung des Copernicus aus.

Digitized by Google

Die große Wirkung dieser Schriften und das Lächerliche, das sie über die Meinung der Gegner verbreiteten, zog dem Galilei das Unglück zu, sich schon im Jahre 1632 zu Rom vor dem Tribunal der Inquisition stellen zu müssen, wogegen ihn der Großherzog von Toscana, sein Landesherr und Gönner, nicht zu schützen wagte. Er muste sich, nachdem man ihn fast ein Jahr lang mit leidlichem Gefängniß in der Wohnung des französischen Gesandten belegt hatte, am 20 Jun. 1633 zu einem förmlichen Widerruf verstehen, wovon man die Urkunde nebst dem Decret der Inquisition beym Riccioli (Almag. nov. Tom. II. L. 9. ad fin.) findet. Er ward hierauf zu lebenslänglichem Gefängniß verurtheilt, welches man jedoch im folgenden Jahre in eine Einschränkung seines Aufenthalts auf das florentinische Gebiet verwandelte, wo er bis an seinen 1642 erfolgten Tod auf seinem Landsitze Arcetri wohnte.

Inzwischen erhoben sich überall heftige Streitigkeiten. In Frankreich schrieb Morin wider den Copernicus, den dagegen Gassendi in einem treflichen Buche über die mitgetheilte Bewegung (De motu impresso a motore translato. Lugd. Bat. 1649. 4.) vertheidigte. Auch die Sorbonne wollte das copernicanische System in Untersuchung ziehen, es ward aber dieses durch ein einsichtsvolles Mitglied derselben verhindert. In den Niederlanden schrieb Fromond in Löwen einen Antiaristarch und eine Vesta, wogegen Lansberg die Bewegung der Erde vertheidigte. Um der Kürze willen nenne ich unter den übrigen Gegnern des Copernicus nur noch den Riccioli, als den gelehrtesten, und den Scipio Claramonti als den ungeschicktesten, der den ptolemäischen Weltbau vertheidigte, und alle neuere Entdeckungen anzugreifen wagte; unter den Vertheidigern des neuen Systems aber den Bouillaud (Philolaus. 1639.), Lipstorp (Copernicus redivivus. Lugd. Bat. 1653. 4.), Wilkins (Copernic defend'd. London, 1660. 4. Vertheidigter Copernicus, Leipzig 1713. 4.), und was insbesondere die Schriftstellen betrift, Zimmermann (Scriptura sacra Copernizans. Frf. 1690. 4.)

Digitized by Google

Kepler aber, ob er gleich keine eigne und besondere Vertheidigung dieses Systems unternahm, hat doch durch seine wichtigen Entdeckungen (s. Keplerische Regeln) an dem Siege desselben bey weitem den gröſten Antheil. Seine Regeln und alle darauf gebaute Theorien, die man in der Folge so vortreflich und mit dem Himmel übereinstimmend gefunden hat, setzen diese Weltordnung voraus, und können nur in ihr, aber in keiner andern, statt finden. Ja, was noch mehr ist, sie geben selbst dem copernicanischen System erst seine vollkommne Schönheit und Bestimmtheit, indem sie die eccentrischen Kreise desselben in Ellipsen verwandeln, die Sonne in deren gemeinschaftlichen Brennpunkt stellen, und die Bewegungen selbst auf höchst einfache und dennoch allgemeine Gesetze bringen. Newton lehrte endlich diese Gesetze als nothwendige Folgen der Centralbewegung und Gravitation kennen; überdies haben neuere Entdeckungen, z. B. die der Umdrehung des Jupiters um die Axe, der verminderten Schwere um den Aequator, der abgeplatteten Gestalt der Erde, der Abirrung des Lichts u. s. w. dieses System so unwidersprechlich bestätiget, daß anjetzt jede ernstliche Bestreitung desselben unfehlbar entweder Zwang, oder Unwissenheit und Thorheit, verrathen würde.

Erklärungen der Erscheinungen im copernicanischen System.

Die tägliche Umdrehung des ganzen Himmels um die Pole von Morgen gegen Abend wird aus der bloßen Umdrehung der Erdkugel um ihre Axe von Abend gegen Morgen begreiflich. Es sey Taf. XXVI. Fig. 79. pLql die Erde, pq ihre gegen P gerichtete Axe, Ll der Parallelkreis, den der Ort L durch die tägliche Umwälzung um pq beschreibt; so wird CZ, die Scheitellinie von L durch diese Bewegung die Seitenfläche eines Kegels CZz beschreiben, und das Zenith des Orts L wird am Himmel den Kreis Zz durchlaufen, dessen Punkte sämmtlich von P gleich weit abstehen. Da nun hiebey die Gestirne unbewegt bleiben, so muß z. B. das Zenith von Leipzig in

Digitized by Google

24 Stunden nach und nach alle die Sterne treffen, welche in einem vom Pole P um PZ = pL = 38½° abstehenden Parallelkreise liegen.

Wenn nun aber der Zuschauer in L durch keinen irdischen Umstand von dem Daseyn einer Bewegung des Bodens belehrt wird, also nach den gewöhnlichen Regeln sich und die Erde ruhend glaubt, mithin sein Zenith Z für unbeweglich hält, so wird er urtheilen, daß sich die Sterne im Kreise Zz, von denen er einen nach dem andern in Z erblickt, nach der entgegengesetzten Richtung zZ durch dieses unbewegte Zenith durchschieben, oder den Kreis zZ beschreiben, d. h. er wird die Umdrehung seiner selbst, des Bogens pL und seines ganzen Mittagskreises pLq durch einen Gesichtsbetrug für eine Durchschiebung der Sterne durch sein Zenith Z und durch den ganzen unbewegten Mittagskreis PZQz halten. So scheint es ihm, als drehe sich der gestirnte Himmel um die Weltaxe PQ von Morgen gegen Abend, oder bestimmter zu reden, nach der Ordnung der Zeichen um.

Der jährliche Umlauf der Sonne in der Ekliptik erklärt sich eben so leicht aus dem Umlaufe der Erde in einer Bahn, welche in der Ebne der Ekliptik liegt. Weil uns der bloße Anblick vom Abstande der Sonne nicht belehrt, so scheint uns dieselbe allemal an den Grenzen der Himmelskugel zu stehen, und sich dem Punkte der Erdbahn, in welchem wir selbst sind, gegenüber zu befinden. Indem wir nun selbst durch die Bewegung der Erde jährlich im Kreise aus der Gegend des Widders in die des Stiers, der Zwillinge u. s. w. herumgeführt werden, so erscheint uns die Sonne nach und nach in den Zeichen der Wage, des Skorpions, Schützen u. s. w. Da wir uns unserer eignen Bewegung dabey nicht bewußt sind, so glauben wir, es sey die Sonne, welche durch alle diese Gegenden nach und nach in eben der Ordnung einen Kreis um unser Auge, d. i. einen gröſten Kreis der Sphäre durchlaufe. Hieraus erhellet nun auch, daß in diesem System die Ekliptik nichts anders ist, als die bis an die Grenzen der scheinbaren Himmelskugel erweiterte Ebne der Erdbahn.

Digitized by Google

Nichts kann einfacher seyn, als die schöne Erklärung der verschiednen Taglängen, Sonnenhöhen und Jahrszeiten, welche Copernicus (De revol. I. II.) aus der Schiefe dieser beyden Bewegungen gegen einander herleitet, da in den andern Systemen das Steigen und Sinken der Sonne äusserst gezwungen durch schiefe Drehung der Sphären, durch schiefes Widerstehen gegen die tägliche Bewegung, oder durch unnatürliche Schraubengänge erklärt werden muß. Hier bedarf es nur des einfachen Satzes, daß die Axe der Umdrehung, welche mit der Fläche der Ekliptik einen schiefen Winkel macht, sich immer parallel bleibe. Taf. XXVI. Fig. 80. sey S die Sonne; die punktirte Bahn ♈♋♎♑ stelle perspektivisch die Erdbahn vor, auf welcher die Erde selbst in vier Stellungen abgebildet ist. In jeder derselben behält PQ die Axe der täglichen Umdrehung, eine gleiche sich immer parallele Lage. Nun sey die Erde um die Zeit des längsten Tages in ♑, so wird ihr die Sonne dieser Stelle gegenüber in ♋, oder im Zeichen des Krebses, erscheinen. Hier neigt sich der Nordpol P gerade der Sonne zu; die Folge davon ist, daß Ll, der Parallelkreis des Orts L in der nördlichen Helfte der Erdkugel (wie die Figur deutlich genug zeigt) durch die Linie, welche die der Sonne zugekehrte oder erleuchtete Halbkugel von der dunkeln absondert, in ungleiche Theile getheilt wird; daher der Ort L bey der gleichförmigen täglichen Umdrehung durch Ll länger im hellen, als im dunkeln Theile verweilet, mithin längere Tage und kürzere Nächte hat. Zugleich geht die Linie nach der Sonne ♑S nahe bey l vorbey, oder der Ort L sieht im Mittage die Sonne nahe bey seinem Scheitel, also in einer großen Mittagshöhe. Zu eben der Zeit fallen die Parallelkreise der Südländer, welche Q näher liegen, mehr in die dunkle, als in die erleuchtete Helfte, diese Länder haben also kürzere Tage und längere Nächte.

Man lasse nun die Erde bis ♈ fortgehen, wo sie die Sonne in ♎ sieht, wie um die Herbstnachtgleiche geschieht. Hier fällt genau die in der Figur vorwärtsgekehrte Hälfte des Parallelkreises Ll in den hellen, die zurückgewendete in

den dunkeln Theil, und eben so ist es hier mit allen übrigen Parallelkreisen. Daher haben nun alle Orte der Erdkugel gleiche Tage und Nächte.

Rückt die Erde nach einem Vierteljahre bis ♋, und sieht die Sonne in ♑, wie zur Zeit der Wintersonnenwende, so fällt nun vom Parallelkreise Ll nur ein kleiner Theil in die erleuchtete Helfte, und L hat kürzere Tage mit längern Nächten; dagegen ist der Fall für die Parallelkreise gegen den Südpol Q gerade umgekehrt. Jetzt geht auch die Linie nach der Sonne ♋S weit bey L vorbey, d. i. der Ort L sieht im Mittage die Sonne weit von seinem Scheitel in geringer Mittagshöhe. Daß endlich im Stande ♎, wo die Sonne in ♈ oder im Frühlingspunkte gesehen wird, wiederum alle Orte der Erdkugel gleiche Tage und Nächte haben, fällt wie bey ♈, in die Augen.

Es würde sehr weitläuftig fallen, alle Phänomene dieses Wechsels auf gleiche Art durchzugehen, obgleich eine solche Beschäftigung, wenn man sie für sich selbst vornehmen will, sehr lehrreich seyn wird, um die wahre Bewandniß dessen einzusehen, was von Verbindung des Umlaufs mit der Umdrehung der Erde abhängt. Hier will ich nur noch bemerken, daß der Aequator AR in allen Stellen gerade zur Helfte im erleuchteten Theile liegt, also immer gleiche Tage und Nächte hat, daß der Nordpol P von ♎ bis ♈ immer im Hellen, von ♈ bis ♎ immer im Dunkeln bleibt, mithin sein Tag und seine Nacht ein halbes Jahr dauern, daß es sich mit dem Südpol Q auf die entgegengesetzte Art, übrigens eben so verhält, und daß aus der Figur auch sehr deutlich wird, warum die Orte um P und Q in der Nähe der Stellen ♋ und ♑ perpetuelle ganze Wochen und Monate dauernde Tage und Nächte haben. Diese Erklärung ist eben so vollständig, als einfach, und trägt gleich an der Stirn das unverkennbare Gepräge der Wahrheit, zumal wenn man dagegen die Erde ruhend annimmt, und nun auf Möglichkeit sinnt, sich alles dieses in eben dem Grade begreiflich zu machen.

Inzwischen hat Copernicus hiebey den Fehler begangen, daß er zu Bewirkung der beständig parallelen

Digitized by Google

Lage PQ, auſſer Umlauf und Umdrehung noch eine dritte Bewegung (motum declinationis ſ. Parallelismi) für nöthig hält, und der Erde beylegt. Die Mechanik war zu ſeiner Zeit noch unvollkommen, faſt dürfte ich ſagen, gar nicht vorhanden. Sonſt würde er gewuſt haben, daß Umdrehung und Umlauf bey freyer Bewegung nicht in einander wirken, und daß die Axe der Umdrehung durch die Kräfte, die das Fortgehen bewirken, wohl aus der Stelle, aber nicht aus der Lage gebracht wird, daher ihr Parallelbleiben vielmehr Abweſenheit einer dritten Bewegung anzeigt. De la Caille drückt ſich darüber ſehr paſſend aus. (Ergo *ſua natura* axis ſaltem *parallelus* manet, cum immotus manere nequeat, terra ipſa mota. Lection. elem. aſtron. verſ. lat. Sect. II. P. I. c. 1.). Tycho machte den Einwurf, es ſey hart, der groben Erdmaſſe dreyerley Bewegungen zu geben; aber die vermeinte dritte fällt ganz hinweg, und die Sache iſt weit einfacher, als Copernicus ſelbſt dachte.

Inzwiſchen iſt dieſer Irrthum von vielen Neuern nachgeſchrieben worden. Wolf will dieſe dritte Bewegung durch das Beyſpiel eines Schifs erläutern, das um eine Inſel fährt, und deſſen Flagge ſich, wenn ſie immer parallel bleiben ſoll, bey jeder Umfahrt einmal um ihre Spindel drehen muß. In dieſem übelgewählten Gleichniſſe iſt es nicht die Flagge, ſondern die Spindel, die ſich umdreht, weil ſie am Schiffe feſt iſt, bey deſſen Umfahrt allemal das Vordertheil vorangehen, und ſich alſo nach und nach gegen alle Weltgegenden kehren muß. Bey der Erdkugel aber giebt es kein ſolches Vordertheil, das der Structur nach ſtets vorangehen müſte; drehte ſie ſich nicht um die Axe, ſo würde ſie gehen, wie ein Schif, das ſein Vordertheil beſtändig gegen Mitternacht kehrte, bey welchem denn auch die Umdrehung der Flagge an der Spindel wegfallen würde. Zu bedauern iſt, daß dieſer falſche Gedanke nebſt dem hinkenden Gleichniſſe noch in neuern Büchern, die viel geleſen werden, (z. B. Schmidt von den Weltkörpern) wiederholt wird.

Digitized by Google

Was endlich den Lauf der Planeten betrift, so vermeidet zwar schon Tychons System das elende Hülfsmittel der Epicykel dadurch, daß es die Sonne, als den Mittelpunkt der Bahnen, in einem zweyten Kreise um die Erde führt: aber weit schöner und einfacher ist die Erklärung des Copernicus, welche den gröſten Theil der ungleichen Geschwindigkeit nebst Stillstand und Rückgang als optische Täuschung des bewegten und doch zu ruhen vermeinenden Zuschauers betrachtet. Es sey Taf. XXVI. Fig. 81. in S die Sonne, ABCD die jährliche Bahn der Erde, ab ein Stück der Bahn des Mars oder eines andern obern Planeten; δαβ stelle ein Stück der scheinbaren Himmelsfläche vor, die man viel weiter, als die Figur angiebt, eigentlich unendlich weit entfernt annehmen muß. Die Richtung AB oder βαδ ist die Ordnung der Zeichen. Nun befinde sich die Erde in A, und gehe in einer gewissen Zeit nach B; der Planet gehe in eben der Zeit durch ab, welches weit weniger AB, betragen wird, weil die entferntern obern Planeten langsamer als die Erde, gehen. Die Erde A wird den Planeten a in α, der Sonne S gegenüber, oder in Opposition mit der Sonne sehen; kömmt sie aber nach B, so wird sie ihn, der nun in b steht, nach β setzen, s. Ort optischer. Er wird also dem Zuschauer, der sich seiner Bewegung durch AB nicht bewußt ist, rückläufig von α nach β zu gehen scheinen, obgleich sein wahrer Lauf ab rechtläufig gewesen ist. Wie ungesucht bietet sich diese Ursache des Rückgangs bey der Opposition mit der Sonne dar! Für die Conjunction gehe die Erde durch CD, indem der Planet durch ab geht, so zeigen die optischen Orte α und δ, daß derselbe hier von α bis δ rechtläufig und sehr schnell gehen muß, weil er durch ein kleineres Stück der Bahn, etwa nur durch αε würde gegangen seyn, wenn die Erde diese Zeit über in C still gestanden hätte.

Man muß hiebey in Betrachtung ziehen, daß δεαβ bis an die Fixsterne hinaus, d. i. ohne Grenzen fortzurücken ist. Unter dieser Bedingung wird allemal Rücklauf erfolgen, wenn die Gesichtslinien, wie Aa und Bb, in der Gegend ab convergiren; rechtläufiger Gang, wenn sie, wie

Ca und Db, daselbst divergiren; Stillstand, wenn sie parallel sind. Die Größe des Wegs oder die Geschwindigkeit des Laufs wird dem Winkel dieser Gesichtslinien gemäß seyn. Nach diesen Grundsätzen lassen sich alle Aufgaben über den scheinbaren Lauf der obern Planeten übereinstimmend mit dem Himmel selbst auflösen.

Für die untern Planeten glaube ich eine besondere Erklärung ersparen zu können. Stellt man sich unter T die Erde, unter ABCD den Lauf der Venus oder des Merkurs vor, so fällt von selbst in die Augen, daß diese Planeten, indem sie durch DAB gehen, rechtläufig scheinen müssen. Stünde die Erde stille in T, so würden die Stillstände erfolgen, wenn die Planeten an die Tangenten kämen, die sich aus T an die Bahn ABCD ziehen lassen, und zwischen diesen Stellen in der Gegend um C würde sich der Rücklauf zeigen. Auch könnten sich die Planeten von S nie weiter als um das Maaß des Winkels entfernen, den die Tangente mit der Linie ST macht. Bewegt sich die Erde selbst von T nach t zu, welches in Vergleichung mit dem Laufe der untern Planeten langsam geschieht, so ändert dies im vorigen nichts weiter, als daß der rechtläufige Gang mehr beschleunigt und verlängert, der Rücklauf hingegen retardirt und abgekürzt wird, und die Stillstandspunkte sich ein wenig verrücken.

Endlich stehen sich Erde und Planet weit näher, wenn ihre Stände in A und a, oder in T und C sind, d. i. wenn der Planet rückläufig scheint, als im andern Falle, wenn die Stände in C und a, oder in T und A sind, d. i. wenn der Planet hinter der Sonne rechtläufig gesehen wird. Der Unterschied ist bey den obern Planeten beyläufig dem Durchmesser der Erdbahn, bey den untern dem Durchmesser der Planetenbahn gleich, und bey Mars und Venus am merklichsten, weil dies die nächsten Planeten an der Erde sind, mit deren geringer Entfernung die Größe dieses Unterschieds in dem merklichsten Verhältnisse steht. Unter dem Artikel Mars und Venus ist angegeben, daß uns beyde zuweilen 7mal näher kommen, als zu anderer Zeit, woraus sich die Verschiedenheit ihrer scheinbaren Größen leicht erklärt.

Digitized by Google

Nimmt man endlich noch hinzu, daß diese Planetenbahnen nicht in der Ebne der Ekliptik selbst liegen, sondern diese Ebne unter kleinen Neigungswinkeln in Knotenlinien schneiden, so lassen sich mit hinzugenommener Bewegung der Erde auch die Phänomene der Breiten in völliger Uebereinstimmung mit den Erscheinungen erklären.

Da der Mond um die Erde selbst läuft, so kann er keine Stillstände und Rückgänge zeigen. So verhält es sich auch wirklich: es fallen blos Ungleichheiten seines rechtläufigen Fortgangs und Veränderung seiner Breite in die Augen, wovon jene erst durch die von Kepler und Newton angegebenen Gründe richtig erklärt worden sind, diese aber von der Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik herrühren.

Einwürfe gegen die copernicanische Weltordnung.

Die Beweise des Aristoteles, daß die Erde im Mittelpunkte stehe, welche Copernicus (De revol. I. c. 7-9.) widerlegt, gründen sich meistens auf willkührlich angenommene Sätze, z. B. daß alles Schwere nach dem Mittelpunkte des Ganzen falle, alles Leichte nach dem Umfange strebe, daß alle himmlische Körper kreisförmige, alle irdische geradlinigte Bewegungen zeigen, daher die Erde keiner Kreisbewegung fähig sey. In des Copernicus Beantwortung finden sich Spuren des Begriffs von allgemeiner Schwere, s. Gravitation (Th. II. S. 519.)

Ptolemäus führt im Almagest den Umstand, daß wir stets eine völlige Hälfte des Himmels über dem Horizonte sehen, und von entgegengesetzten Stellen der Sphäre die eine in eben dem Augenblicke aufgeht, in welchem die andere untergeht, als einen Beweis an, daß die Erde in der Mitte des Ganzen stehe. Man hatte schon dem Aristarch von Samos diesen Einwurf gemacht, welcher sehr richtig antwortete, die Erdbahn verhalte sich zum Abstande der Fixsterne, wie der Mittelpunkt einer Kugel zu ihrem Halbmesser (s. *Archimedis* Arenarius in *Jo. Wallisii* Opp. Tom. III. p. 514.) d. h. die ganze Erdbahn sey gegen diesen Abstand unendlich klein, oder als ein Punkt an-

Digitized by Google

zuſehen. Eben dieſes führt Copernicus in einem eignen Capitel (cap. 6.) aus. Der Einwurf iſt freylich nicht unwichtig, und läuft eigentlich auf den gänzlichen Mangel aller Parallaxe der Fixſterne hinaus: denn, was die Planeten betrift, ſo iſt allerdings der ſcheinbare Horizont über den wahren um die Horizontalparallaxe erhoben, und theilt den Himmel in der That in ungleiche Hälften, ſ. Parallaxe. Man hat dieſe Einwendung unter mehrern Geſtalten vorgebracht; die Antwort iſt aber immer dieſelbe, daß der Abſtand der Fixſterne unermeßlich und die ganze Erdkugel dagegen nur als ein Punkt zu betrachten ſey. Dieſe unermeßliche Weite der Fixſterne iſt ein weſentlicher Theil der copernicaniſchen Weltordnung, und aller Erklärungen in derſelben. Ohne ſie würde die parallel bleibende Weltaxe nicht immer einerley Stelle am Himmel treffen, ſondern jährlich einen kleinen Kreis beſchreiben, welches man an den Stellungen der Sterne gegen den Pol bemerken müſte. Horrebow glaubte zwar, ſo etwas wirklich zu finden, und dadurch den Copernicus auf eine andere Art zu vertheidigen: dies hielt nun zwar die Prüfung nicht aus, gab aber doch Anlaß zu einer andern weit ſiegreichern Beſtätigung dieſes Syſtems, ſ. Parallaxe der Erdbahn, Abirrung des Lichts.

Tycho fragt nun zwar, wozu die Verſchwendung ſo ungeheurer Räume dienen ſolle. Allein erſtens füllen die Kometenbahnen einen Theil davon aus, ſ. Kometen, und dann muß man nur nicht das zum Maaßſtabe nehmen, was wir auf Erden groß nennen. Was iſt denn der Menſch, der mit ſeinem Fünkchen Vernunft auf einem Punkte des Ganzen kriecht, und ſeine Maaße aus Anſchauung eines Fußes zuſammenſetzt? Wie darf ein ſolcher Staub dem Schöpfer vorſchreiben, was zu groß ſey, weil es für ihn unermeßlich iſt? Wie mag er ſich unterwinden, dem Unendlichen und Unbeſchränkten irgend eine Grenze für ſeine Schöpfung zu ziehen? Vielleicht muſten wegen der allgemeinen Schwere die Entfernungen ſo groß ſeyn, wenn die Planeten nicht merklich nach den Fixſternen gravitiren, und die Syſteme einander nicht ſtören ſollten.

Digitized by Google

Ein anderer Einwurf gegen die Umdrehung der Erde ist daher genommen, daß man unter frey schwebenden, fallenden oder geworfenen Körpern in der Luft kein Fortrücken des Fußbodens von Abend gegen Morgen bemerkt. Eine auf der Abendseite eines Thurms herabgelassene Kugel fällt dicht an des Thurmes Fuße nieder, obgleich dieser während des Falles durch die Erdumdrehung weit gegen Morgen gerückt seyn müste. Das läst sich auf mancherley Art einkleiden, z. B. den Vögeln in der Luft würde die tägliche Umdrehung ihre Nester entführen; Kugeln von Abend gegen Morgen abgeschossen, würden über einerley Stelle des Fußbodens bleiben, wenn sich dieser eben so schnell, als sie, gegen Morgen bewegte u. s. w. **Ptolemäus** und **Tycho** wendeten dieses ein, und von den 77 Argumenten, mit welchen **Riccioli** die Bewegung der Erde bestreitet, läst sich ein groser Theil auf diesen einzigen Gedanken zurückführen, den übrigens **Buchanan** (De sphaera Lib. I.) mit sehr viel dichterischer Schönheit ausgeschmückt hat.

Aber schon **Ptolemäus** selbst, **Copernicus** (L. I. c. 8.) und **Kepler** antworten hierauf, wenn sich die Erde drehe, so drehe sie sich mit allem, was ihr zugehöre, und die in der Luft schwebenden Körper setzen während des Falles oder Fortgangs diese ihnen einmal eingedrückte Bewegung zugleich mit fort, welches nicht verstattet, den Boden in Absicht ihrer als fortgeführt zu betrachten. Wenn man auf einem Schiffe, das mit vollen Segeln geht, Kegel oder Billard spielt, so bleibt der Stoß nach jeder Richtung in gleicher Wirkung; ein Stein, von der Spitze des Mastbaums herabgelassen, fällt dicht am Fuße nieder; denn die Bewegung des Schifs ist allen darauf befindlichen Körpern so mitgetheilt, daß unter ihnen alles so erfolget, als ob sie in Ruhe wären, weil sie gegen einander in Ruhe sind. Nur der Anstoß an fremde Gegenstände kan die Bewegung des Schifs bemerklich machen. Eben so ist es mit den Körpern auf der Erde, denen die Umdrehungsbewegung vom Anbeginn mitgetheilt ist. Wir kennen keine Kraft, welche diese eingedrückte Bewegung vernichten könnte, und jeder Anstoß an fremde Dinge fällt bey der

Digitized by Google

Erde, die sich mit dem Luftkreise zugleich dreht, gänzlich hinweg. Nur das Fortrücken der Gestirne allein kan uns von dieser Umdrehung belehren, so wie man die Bewegung eines ohne Schüttern und Schwanken fortgehenden Schifs blos durch das Entgegenkommen der Ufer und Küsten bemerkt.

Da einige behauptet hatten, die Körper bewegten sich auf schnell segelnden Schiffen anders, als sonst, welches auch Tycho in den Briefen an Rothmann versichert, so fand Gassendi nöthig, im Hafen von Marseille Versuche hierüber anzustellen, die völlig für den Copernicus ausfielen, und in seiner Schrift De motu impresso a motore translato beschrieben sind.

Tychons übrige Einwendungen sind zum Theil sehr schwach. Daß man sich nicht vorstellen könne, aller zwölf Stunden den Kopf unterwärts zu kehren, daß die Erde eine grobe, plumpe, zu einer dreyfachen Bewegung ungeschickte Masse sey, daß die Schwungkraft alles zerstreuen würde — sind Gedanken, die sich durch richtige Begriffe von dem, was oben und unten zu nennen ist (s. Gegenfüßler), durch die erwiesene Bewegung anderer noch größerer Massen, durch das Hinwegfallen der dritten Bewegung, und durch die geringe Größe der Schwungkraft, welche selbst unter dem Aequator nur $\frac{1}{289}$ der Schwere beträgt, gar bald widerlegen.

Endlich glaubte Tycho in dem scheinbaren Laufe der Kometen keine Spur einer Veränderung des Standorts durch die Bewegung der Erde zu finden. Es ward aber die wahre Beschaffenheit des Kometenlaufs fast hundert Jahre später erst entdeckt, und seitdem ist es zuverläßig ausgemacht, daß der scheinbare Ort der Kometen allerdings durch den Stand der Erde in ihrer Bahn verändert werde.

Riccioli (Almag. nov. To. II.) hält unter 77 Gründen wider die Bewegung der Erde folgenden für den stärksten. Die Räume fallender Körper würden sich bey ruhender Erde von jeder Secunde zur andern, wie 1, 3, 5, 7 ꝛc. verhalten. Drehte sich aber die Erde in jeder Secunde gleich weit, so würden sie sich in Diagonalen von Paralle-

Digitized by Google

logrammen verwandlen, deren horizontale Seiten gleich, die vertikalen im Verhältnisse der vorigen Zahlen wären. Es läst sich zeigen, daß diese Diagonalen in ganz andern Verhältnissen stehen, und wenn die Umdrehung schnell wäre, fast gleich seyn müsten. Daher müste des fallenden Körpers absolute Bewegung fast gleichförmig seyn, und er müste eine horizontale Fläche mit gleicher Kraft stoßen, ohne Unterschied, ob er von einer großen oder geringen Höhe herabgefallen wäre. Riccioli nennt dies eine mathematisch evidente Widerlegung. Allein er hat vergessen, daß die Kraft des Stoßes zugleich vom Winkel abhängt, und deswegen die Diagonalen wieder in die beyden Seiten zerlegt werden müssen, von welchen nur die vertikalen allein die Wirkung des Stoßes ausdrücken. Diese vertikalen Seiten aber sind die Fallräume, welche wie 1, 3, 5, 7 wachsen. Die horizontalen Seiten fallen ganz hinweg, weil der Fortgang durch die Erdumdrehung dem fallenden Körper mit dem Boden gemeinschaftlich ist. Mithin ist dieses ganze Argument blos eine neue Einkleidung der auf die Fortschiebung des Bodens gegründeten Zweifel.

Die Zeugnisse der heiligen Schrift, welche Tycho und Riccioli so ernsthaft entgegenstellen, stehen Josua 10, 13; Psalm 92, 1; Psalm 103, 5; Pred. Salomo 1, 5; Jesaia 34, 8; Richter 5, 20; drittes Buch Esra 4, 38. Man erkennt leicht darinn theils die Sprache des gemeinen Lebens, theils den dichterischen Ausdruck der Sänger und Propheten. Es ist ein seltsamer Eifer, auf ihrem buchstäblichen Verstande zu bestehen. Nach solchen Regeln der Auslegung müste man auch Pfeiler des Himmels und eine zeltähnliche Ausspannung desselben annehmen. Selbst Newton würde, wie Josua, sagen: Sonne (nicht Erde) stehe still, welcher ganze Ausdruck überhaupt nur den lebhaften Wunsch bezeichnen soll, die Dauer der Schlacht zu verlängern. Inzwischen war dies gerade der Standpunkt, aus welchem auch Unwissende gegen die Copernicaner fechten, und sicher seyn konnten, Eindruck auf die Menge zu machen. Jetzt ist wohl die Zeit dieser Verblendung größtentheils vorüber. Selbst zu Rom hat man die Schriften

Digitized by Google

der Copernicaner aus dem Verzeichnisse der verbotnen Bücher herausgenommen. Montucla sagt, um erwiesene geometrische und astronomische Wahrheiten wegen der buchstäblichen Schriftauslegung zu verdammen, müsse man den Wahlspruch haben: Beati pauperes spiritu, und nicht bedenken, was Kepler sagt, daß ein Hobel, den man ins Eisen treibt, dadurch selbst zum Holzschneiden untüchtig werde.

Gründe für das copernicanische System.

In einer Sache dieser Art, wo man keine directen und mathematischen Demonstrationen, welche alle Gedenkbarkeit des Gegentheils ausschließen, verlangen kan, muß schon die schöne Simplicität dieser Weltordnung und aller Erklärungen in derselben, nebst der vollkommnen Harmonie, die sie in die ganze Sternkunde bringt, jedem unbefangenen Naturforscher soviel, als ein Beweis, gelten. Man hat aber auch nach den Zeiten des Copernicus Entdeckungen gemacht, welche gerade auf die Sache gehen, und in keiner andern, als in dieser Weltordnung, ungekünstelt und den bekannten Naturgesetzen gemäß erklärt werden können. Diese vollenden die Ueberzeugung. Wie sehr würde sich der unvergeßliche Urheber dieses Systems noch auf Erden gefreuet haben, wenn es der Vorsehung gefallen hätte, ihn hier die Zeit dieser Entdeckungen erleben zu lassen?

Für die Umdrehung der Erdkugel um ihre Axe spricht die äusserst hohe Simplicität, mit welcher sich hiedurch die tägliche Bewegung aller Gestirne aus der Umdrehung der einzigen Erde erklärt, da man sonst die Sterne in eine Sphäre einschließen, oder ihnen besondere Kräfte beylegen müste, durch welche sie in Kreisen von verschiedener Größe um die Pole geführt würden. Hiebey wird es unbegreiflich, wie das unermeßliche Heer dieser Sonnen eine gemeinschaftliche, und gerade eine solche, Beziehung auf einen so unbedeutenden Punkt, als die Erde, haben könnte, und mit welcher Geschwindigkeit die Sterne im Aequator rollen müsten.

Digitized by Google

Hiezu kömmt, daß man in spätern Zeiten Umdrehungen des Jupiters, der Venus, des Monds u. s. w. um ihre Axen nach eben der Richtung entdeckt hat. Haben nun diese Körper Bewohner, so muß denselben die nemliche Erscheinung einer täglichen Umdrehung des Himmels um sie entstehen. Halten sie diese Erscheinung als Ptolemaiker für Wirklichkeit, so können sie nicht alle zugleich Recht haben; als Copernicaner aber werden sie das daraus folgern, was wir an den Weltkörpern, die sie bewohnen, mit unsern Augen wirklich vorgehen sehen. Welch ein starker Beweis, daß auch wir aus unserer Erscheinung das nemliche folgern müssen!

Endlich sind die verminderte Schwere unter dem Erdäquator und die abgeplattete Gestalt der Erdkugel als directe Beweise der Umdrehung anzusehen. Sie zeigen, daß die Folgen wirklich da sind, welche den Gesetzen der Mechanik gemäß aus einer Umdrehung der Erde entstehen müssen, s. **Erdkugel, Pendel, Schwere, Schwungkraft.**

Für den **Umlauf** der Erde um die Sonne läst sich wiederum die bewundernswürdige **Simplicität** anführen, mit welcher man auf diese Art die Combination der täglichen Bewegung mit dem eignen jährlichen Gange der Sonne, die Abwechselung der Taglängen, das Stillstehen und Zurückgehen der Planeten, ihren verschiedenen Abstand u. s. w. erkläret, ohne die Epicykel und Sphären der Alten, oder die Schraubengänge des Tycho nöthig zu haben. Alles fließt hier von selbst aus den Bewegungen der Erde, und macht alle Künsteleyen entbehrlich, die man in andern Systemen hinzuthun muß, um der Verwickelung der Phänomene genug zu thun.

Ferner ist es der Analogie gemäß, die Erde als einen dunkeln und kleinern Körper um die Sonne zu führen, da alle übrige ihr ähnliche Planeten auch um dieselbe gehen. So erhält man ein System, in welchem alle dunkle Körper um den einzigen leuchtenden, alle kleinere um den laufen, der bey weitem der gröste ist.

Digitized by Google

Die keplerischen Regeln bringen dies alles vollends in die schönste Harmonie. Der Satz, daß sich die Quadratzahlen der Umlaufszeiten, wie die Würfel der Entfernungen vom Mittel verhalten, wird in diesem System allgemein. Wäre nach dem tychonischen die Erde das Mittel, um welches Mond und Sonne liefen, so träfe diese Regel nicht zu. Denn der Sonne Umlaufszeit wäre fast 13mal größer, als die des Monds; ihr Abstand aber 400mal größer, als die Entfernung des Monds. Es fehlte also sehr viel an der Richtigkeit der Regel, nach welcher hier die Quadratzahl von 13 dem Würfel von 400 gleich seyn sollte. Wenn nun diese Regel eine nothwendige Folge des Gesetzes der Gravitation bey Centralbewegungen ist, so folgt, daß man Newtons ganze Mechanik des Himmels und die Lehre von der Gravitation überhaupt blos auf das copernicanische System, und auf kein anderes, anwenden könne.

Endlich giebt die Erscheinung der Abirrung der Fixsterne auch einen directen Beweis von der wirklichen Bewegung der Erde in einer jährlichen Bahn, s. **Abirrung des Lichts**. Und überhaupt ist die ganze neuere Sternkunde mit der copernicanischen Weltordnung so innig verknüpft, daß man jedes astronomische Lehrbuch als eine Verbindung von tausend verschiedenen Beweisen der Bewegung der Erde ansehen kann, und daß derjenige den ganzen Zusammenhang der Wissenschaft aufheben würde, der sich weigerte, diese Bewegung zuzulassen.

Tabellarische Vorstellung der Größen und Bewegungen der Hauptplaneten.

In der Sammlung astronomischer Tafeln, welche unter Aufsicht der königlich-preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1776 herausgekommen ist, befindet sich (B. I. S. 1. u. f.) eine sehr vollständige und genaue Darstellung unsers Sonnensystems nach verschiedenen astronomischen Tafeln, aus welcher ich hier die vornehmsten Angaben für die Hauptplaneten nach **de la Lande** entlehne,

Digitized by Google

und das neuere für den Uranus nach de Lambre und Bode beyfüge. Wegen des übrigen verweise ich auf die Artikel Mond und Nebenplaneten.

Abstände von der Sonne in Halbmessern der Erdbahn

	Gröster	Mittlerer	Kleinster
Merkur	0,46670	0,38710	0,30750
Venus	0,72843	0,72333	0,71818
Erde	1,01680	1,00000	0,98320
Mars	1,66587	1,52369	1,38151
Jupiter	5,45375	5,20098	4,94821
Saturn	10,07147	9,53937	9,00727
Uranus	20,07918	19,18362	18,28806

Eccentricitäten.

	In Halbmessern der Erdbahn	In Theilen ihres mittlern Abstands v. d. ☉
Merkur	0,07960	0,20563
Venus	0,00510	0,00706
Erde	0,01680	0,016802
Mars	0,14218	0,09331
Jupiter	0,25277	0,04860
Saturn	0,53210	0,055779
Uranus	0,89556	0,0466837

Sonnenfernen.

	Ort für 1750 d. 1 Jänn.			jährliche Bewegung		
Merkur	8 ♐	13°	33′	3″	1′	10″
Venus	10	8	13	0	2	30
Erde	9	8	39	9	1	6
Mars	5	1	28	24	1	7
Jupiter	6	10	22	31	1	2
Saturn	8	29	54	30	1	30
Uranus	11	47	6	44	d. 1 Jan. 1784.	

Digitized by Google

Neigung und Knoten der Bahn.

	Neigung	Ort des ☊ für 1750 d. 1 Jan.	jährliche Bewegung
Merkur	7° 0′ 0″	1 Z. 15° 21′ 15″	0′ 45″
Venus	3 23 20	2 14 26 18	0 31
Mars	1 51 0	1 17 36 30	0 40
Jupiter	1 19 10	3 8 16 0	1 0
Saturn	2 23 20	3 21 31 17	0 30
Uranus	0 46 16	2 12 46 47	für 1 Jan. 1784.

Umlaufszeiten.

	Siderische T. St. M. S.	Tropische T. St. M. S.	Synodische T. St. M. S.
Merkur	87 23 15 37	87 23 14 26	115 21 3 22
Venus	224 16 49 13	224 16 41 32	583 22 7 6
Erde	365 6 9 11	365 5 48 45½	. . . .
Mars	686 23 30 43	686 22 18 27	779 22 28 26
Jupiter	4332 8 51 26	4330 8 58 27	398 21 15 45
Saturn	10761 14 36 42	10749 7 21 50	378 2 8 8
Uranus	. . . .	30589 8 38 24	. . . .

Durchmesser und Größen.

	Scheinbarer Durchm. im mittl. Abstand	Wahrer Durchmesser	Körperliche Größe
Sonne	31′ 57,″5	112,79	1435025
Merkur	17,5	0,41	0,7
Venus	23	0,97	0,91
Erde	17	1,00	1
Mars	6½	0,67	0,3
Jupiter	37	11,39	1479
Saturn	18	10,10	1030
Saturnsring	42	23,57	. . . . .
Uranus	4	4,21	75

Digitized by Google

	Zeit der Umwälzung	Dichtigkeit	Masse
Sonne	25 T. 12 St.	0,250	304355
Merkur		2,038	0,1
Venus	23 St. 20 M.	1,270	1
Erde	23 St. 56 M. 3½ S.	1,000	1
Mars	24 • 40 •	0,730	0,12
Jupiter	9 • 57 •	0,292	364
Saturn		0,184	156
Uranus		(0,2)	(17,7)

Man kann diesen Angaben gemäß, sinnliche Vorstellungen des Sonnensystems durch Zeichnungen oder Modelle entwerfen. Herr Bode hat der neuesten Ausgabe seiner allgemein geschätzten Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels (Berlin, 1788. gr. 8.) eine schöne Abbildung dieser Art beygefügt, auch deren Gebrauch zu Bestimmung des jedesmaligen Standes der Planeten im Buche selbst gelehrt. Eine solche Vorstellung erläutert schon sehr viel. Sie wird jedem, der sie nach des Verfassers Anleitung braucht, ein lebhaftes Vergnügen gewähren, und ihn den jedesmaligen Stand des ganzen Sonnensystems gleichsam mit einem Blicke überschauen lassen.

Es fällt dabey auf, daß die Planetenbahnen vom Merkur bis zum Mars so nahe an einander liegen, dann aber auf einmal bis zum Jupiter ein ungemeiner Abstand folgt. Man glaubt eine Lücke zu bemerken, und fühlt sich mit Herrn Bode geneigt, zwischen Mars und Jupiter noch einen Planeten zu vermuthen. Die Entfernungen der Planeten von der Sonne scheinen nach folgender Reihe zu wachsen,

☿ ♀ Erde ♂ ♃ ♄ Uran.

4; 4+3; 4+2.3; 4+4.3; 4+16.3; 4+32.3; 4+64.3

worin das Glied 4+8.3 fehlt, welches noch einen unentdeckten Planeten im Abstande = 28 vermuthen läst. Merkwürdig ist es, daß sich der Abstand des Uranus an diese Reihe, welche lange vor dessen Entdeckung bekannt war, so vollkommen anschließt.

Sonst hat man auch das Sonnensystem und die gegenseitigen Lagen seiner Körper durch Scheiben dargestellt, die

Digitized by Google

ſich um einen Mittelpunkt drehen laſſen, und Planetolabien genannt werden. Sie ſind den Jovilabien ähnlich, ſ. Nebenplaneten (Th. II. S. 336). Peter Apian (Aſtronomicum Caeſareum, Carolo V. et Ferdinando fratribus dicatum. Ingolſtad. 1540. fol. mai.) hat auf 59 Platten ein prächtiges Werk dieſer Art, aber nach ptolemäiſchen Hypotheſen, herausgegeben. Lorbar Zumbach genannt Koesfeld (Planetolabium. Lugd. Batav. 1691. 4. rec. Amſt. 1700.) liefert ſolche Scheiben in Kupferſtich, auf Pappe zu ziehen, für die copernicaniſche Weltordnung. Man kann ſich dergleichen ſelbſt verfertigen, und damit, wenn ſich die Scheiben gegen einander neigen laſſen, auch die Phänomene der Breiten darſtellen.

Künſtlicher und ſehr koſtbar ſind die ſogenannten Weltmaſchinen, Planetenmaſchinen (Machinae planetariae, *Planétaires*, engl. *Orrery's*), welche die himmliſchen Bewegungen im Kleinen durch Kugeln darſtellen, die vermittelſt Räderwerks getrieben werden. Vielleicht war ſchon Archimeds bekannte Sphäre, deren Cicero (Tuſc. Qu. L. I. De nat. Deor. L. II.) gedenkt, etwas ähnliches. Huygens (Deſcriptio automati planetarii in ſ. Opp. reliquis. Amſt. 1728. 4. To. II. p. 175.) giebt eine umſtändliche Beſchreibung einer ſolchen Planetenmaſchine von ſeiner Erfindung. Das Orrery der Engländer beſchreibt Ferguſon (Aſtronomy explained. London, 1754. 1764. 8.). Der Name ſoll von Richard Steele einem ſolchen Kunſtwerke, das ein Lord Orrery beſaß, gegeben worden ſeyn; doch bemerkt Herr Käſtner, er ſehe einer Abkürzung des Worts Orbitery ähnlich, welches man auch in dieſer Bedeutung bey einem engliſchen Schriftſteller gebraucht finde. Der Paſtor Hahn im Würtembergiſchen hat eine ſehr ſinnreiche Maſchine dieſer Art erfunden (ſ. Viſchers Beſchreibung einer aſtronom. Maſchine. Stuttgard, 1770. 8.). Auch Martin (Philoſ. Britannica, der deutſchen Ueberſ. Th. III. S. 196.) handelt von ſolchen Weltmaſchinen.

Wohlfeiler ſind die nürnbergiſchen, an denen man die Planeten mit der Hand herumführt. Der Apparat zur Weltmaſchine, den Nollet (Leçons de phyſ. exp. P. VI.)

Digitized by Google

bey ſeinen Vorleſungen gebrauchte, und den Briſſon (Dict. de phyſ. Art. *Planétaire*) beſchreibt, zeigt zwar nicht alles zugleich, wie das Orrery, aber doch die Bewegungen jedes Planeten einzeln, mit weit weniger Koſten, und faſt noch größerer Deutlichkeit. Ein ſchönes Modell dieſer Art hat auch Herr M. Riedel allhier angegeben (Die Verbindung der Sonne, Erde und des Mondes, in einem Modelle vorgeſtellt von J. G. Riedel. Leipzig, 1785. 8.).

Montucla Hiſtoire des mathematiques. To. I. an mehrern Stellen.

de la Lande aſtron. Handbuch, a. d. franz. Leipz. 1775. gr. 8. §. 370. u. f.

I. F. Weidler Hiſtoria aſtronomiae. Viteb. 1741. 4. an mehrern Stellen.

Nic. Copernici De orbium caeleſtium revolutionibus libri VI. Norimb. apud Petreium, 1543. fol.

Bode kurzgefaßte Erläut. der Sternkunde. Berlin, 1778. 8. Th. I §. 363 u. f.

Sammlung aſtronomiſcher Tafeln unter Aufſicht der königl. preuſs. Akad. der Wiſs. Berlin, 1776. gr. 8. I Band S. 1–11.

Käſtner Anfangsgr. der Aſtronomie, 3. Aufl. Göttingen, 1781. 8. §. 265.

Wendekreiſe, Wendecirkel, Tropici, *Tropiques.* Dieſen Namen führen auf der Himmels- und Erdkugel zween kleinere Kreiſe, welche mit dem Aequator parallel laufen, und von demſelben um das Maaß der Schiefe der Ekliptik, oder faſt um $23\frac{1}{2}^{\circ}$ abſtehen, Taf. VIII. Fig. 2. ſind auf der Himmelskugel FG und IK, auf der Erdkugel fg und ik die Wendekreiſe. Da ſie dem Aequator parallel ſind, ſo gehören ſie am Himmel zu den Tagkreiſen, auf der Erde zu den Parallelkreiſen, und alle ihre Punkte ſind von den Polen um $66\frac{1}{2}^{\circ}$ entfernt.

Am Himmel berührt die Ekliptik FK, deren entfernteſte Punkte vom Aequator ebenfalls um das Maaß ihrer Schiefe abſtehen, den einen Wendekreis in F, den andern in K, an zween einander gerade entgegenſtehenden Punkten. Dies ſind die Punkte der Sonnenwenden, oder die Anfangspunkte der Zeichen des Krebſes und Steinbocks, von welchen der nördliche Wendekreis FG, Wendekreis

des Krebſes (tropicus cancri, *tropique du Cancer*), der ſüdliche IK **Wendekreis des Steinbocks** (tropicus capricorni, *tropique du Capricorne*) genannt wird. An den Tagen der Sonnenwenden kömmt die Sonne in die Punkte F und K, und weil ſich daſelbſt ihr Abſtand vom Aequator ſehr langſam ändert, ſo wird ſie durch die tägliche Bewegung im Wendekreiſe ſelbſt herumgeführt. Die Wendekreiſe ſind alſo die Tagkreiſe der Sonne an den Tagen der Sonnenwenden. Sie begreifen zwiſchen ſich die Zone des Himmels FGKI, innerhalb welcher die Sonne beſtändig anzutreffen iſt.

Auf der Erdkugel ſchließen die beyden Wendekreiſe die heiſſe Zone zwiſchen ſich ein, und begrenzen die gemäßigten, ſ. **Erdſtriche**. Der Wendekreis des Krebſes fg geht durch den obern breitſten Theil von Afrika, Egypten, das rothe Meer, das wüſte Arabien, durch Indien, den ſüdlichen Theil von China und Neuſeeland über das ſtille Meer, durchſchneidet Amerika in Mexico, und läuft durch die Antillen und den atlantiſchen Ocean bis wieder an Afrika. Dieſe Orte ſehen die Sonne am 21 Jun. jeden Jahres durch ihren Scheitelpunkt gehen. Der Wendekreis des Steinbocks ſchneidet Afrika im Lande der Hottentotten, geht durch Madagaſcar im indiſchen Ocean weit unter Aſien hinweg, durch Neuholland in die Südſee, ſchneidet Amerika in Paraguay und an der ſüdlichen Spitze von Braſilien, und läuft unterhalb der Inſel St. Helena wieder bis an Afrika. Allen dieſen Orten kömmt die Sonne am 21 Dec. über ihren Scheitel.

Da die Schiefe der Ekliptik veränderlich iſt, ſo ändert ſich mit ihr auch die Stelle der Wendekreiſe und die Größe der heißen Zone, obwohl ſo wenig, daß man dieſe Veränderung in der Erdbeſchreibung gewöhnlich ohne merklichen Fehler vernachläßiget.

Weſt, Weſten, ſ. **Abendpunkt.**

Wetterbeobachtungen, ſ. **Meteorologie.**

Wetterglas, ſ. **Barometer.**

Wetterleiter, ſ. **Blitzableiter.**

Digitized by Google

Wetterleuchten, Fulguratio, *Eclair sans tonnerre et d'une lumiere diffuſe.* Eine Art von Blitz, wobey man keinen Donner hört, auch keinen gedrungenen Feuerſtral ſchießen ſieht, ſondern blos einen ausgebreiteten ſogleich wieder verſchwindenden Schein bemerkt. Man pflegt, wenn man dieſe Erſcheinung ſieht, zu ſagen, das Wetter kühle ſich.

Oft können zwar entfernte Blitze, deren Donner der Weite halber nicht mehr gehört wird, für Wetterleuchten gehalten werden, wovon Herr Käſtner (Neues Hamburg. Mag. B. VI. S. 387.) bey einem wegziehenden Gewitter überzeugende Bemerkungen gemacht hat. Allein das eigentliche Wetterleuchten unterſcheidet ſich auch in der Nähe deutlich von den wahren Blitzen oder Wetterſtralen. Es iſt ein bloßer bald ſchwächerer bald hellerer Schein, der ſich in die Breite ebenſowohl, als in die Länge, verbreitet, und nie mit Knall oder Beſchädigung verbunden iſt.

Reimarus (Vom Blitze, §. 173. S. 575 u. f.) vergleicht das Wetterleuchten ſehr ſchicklich mit den Lichtſtralen, welche aus Hervorragungen eines ſtark elektriſirten Körpers freywillig hervorſchießen. Wenn eine Wetterwolke mit Elektricität überladen iſt, ſo kan ſie aus ihren Enden dergleichen Lichtſtralen ausſenden, welche nur zerſtreut und ohne durchbrechende Gewalt in die Luft fahren. Solche Scheine brechen aus ſtark elektriſirten Wolken bald hie, bald da, zuweilen faſt ohne Unterbrechung aus, wie man ſo oft des Abends oder in der Nacht ſieht (weil der Schein zu ſchwach iſt, um bey Tage bemerkt zu werden). Der Anlaß zu einer ſo ſtarken Ueberladung kan nach Reimarus in der fortwährenden Urſache der Ladung, bisweilen auch in der Zuſammenziehung der Wolke, oder in einer Veränderung ihrer Geſtalt liegen, welche von der Art iſt, daß dadurch ihre Oberfläche vermindert wird.

Die Stralenbüſchel aus den Ecken elektriſirter Körper pflegen zwar in beſtändigem Strome auszufahren, da hingegen das Wetterleuchten ſtoßweiſe geſchieht; allein dieſer Unterſchied kan von der platten Geſtalt der Hervorragungen

an den Wolken herrühren. Das Wetterleuchten ist dem Lichte ähnlich, das im Vacuo oder in sehr verdünnter Luft zwischen Metallplatten entsteht, die auf entgegengesetzte Art elektrisirt sind. **Watson** (Philos. Trans. Vol. XLVII. p. 367.) beschreibt dasselbe unter dem Namen *Coruscation*, und vergleicht es mit den Säulen und dem Glanze des Nordlichts. Etwas ähnliches hatte auch **Miles** an geriebnen Glasröhren bemerkt, s. **Stralenbüschel, elektrische.**

Nach Herrn **de Lüc** Vermuthung (Ideen über die Meteorol. Th. II. §. 649.) entstehen Blitz und Donner im Luftkreise durch plötzliche Hervorbringung einer Menge von elektrischem Fluidum, welches explodirt, weil es mit einem hohen Grade von Dichtigkeit entsteht, auf welchen es sonst durch kein physisches Mittel gebracht werden könnte. Es wird auch aus dem vollen dichten Tone des Donners sehr wahrscheinlich, daß dabey eine große Menge einer elastischen Materie plötzlich entwickelt werden und explodiren müsse, weil die bloße Zertrennung der Luft durch den Fortgang des Blitzes fast zu schwach scheint, einen Knall von dieser Art und Heftigkeit zu erklären. Man mag nun diese elastische Materie mit de Lüc für das elektrische Fluidum selbst, oder sonst für eine Knallluft, annehmen, so kan man sich doch auf beyde Art gar leicht Fälle denken, wo diese Materie nicht mit so übergroßer Dichtigkeit in einen kleinen Raum gedrängt, sondern ausgebreiteter entsteht und übergeht, mithin statt der Explosion ein bloßes Licht ohne Donner veranlaßt.

Wetterlichter, St. **Elmusfeuer**, Castor et Pollux, Ignis lambens, *Feu-Saint-Elme*, *Castor et Pollux*. Eine merkwürdige Erscheinung an den in der Luft erhabnen Körpern, vorzüglich Metallen, da man an den Spitzen und Ecken derselben bey einer Gewitterluft zuweilen rauschende Flammen sieht, welche ohne Schaden eine Zeitlang fortdauern. Vornehmlich ereignet sich dies an den Spitzen der Mastbäume und an andern hervorragenden Theilen der Schiffe bey Stürmen.

Digitized by Google

Schon die Alten bemerkten es oft. Plinius (H. N. II. 37) erzählt, er selbst habe Sterne auf den Lanzen der Soldaten und auf den Masten der Schiffe gesehen, die mit Zischen von einem Orte zum andern gehüpft wären. Zween solche Sterne wären Vorbedeutung einer glücklichen Fahrt, und würden von den Schiffern unter dem Namen Castor und Pollux verehrt; einer allein, den man Helena nenne, bedeute Unglück. Dergleichen sehe man auch bisweilen an den Häuptern der Menschen, mira ratione, wie er sagt, et in naturae majestate abdita. Aehnliche Erwähnungen kommen beym Seneca (Quaest. nat. L. I. c. 1.) Hirtius (De bello Africano, c. 47.), Livius (XXII. 1.), und beym Plutarch im Leben Lysanders vor. Den Schiffern ist dieses Phänomen sehr bekannt, und wird von den Portugiesen *Corpo santo*, von den Engländern *Comazant*, von den Niederdeutschen Weerlicht genannt. Der Name St. Elmo, Telmo, oder Hermo ist allem Ansehen nach das verstümmelte Helena der Alten.

Neuere Beobachtungen hievon theils auf Schiffen, theils an Thurmspitzen u. dgl. hat Reimarus (Vom Blitze 32—37 Erfahr. S. 73 u. f.) gesammlet. Folgende Beschreibung ist vom Ritter Forbin (Mém. du Comte de *Forbin* To. I. p. 368 und im Hamburg. Magaz. VII. B. S. 425). „Im Jahr 1696 zog sich plötzlich während „der Nacht ein schwarzes Gewölk zusammen, wobey er„schreckliche Blitze und Donnerschläge entstanden. Weil „ich einen starken Sturm befürchtete, ließ ich alle Segel „einziehen. Wir sahen auf dem Schiffe mehr, als 30 St. „Elmusfeuer. Eines unter andern befand sich oben auf „dem Windflügel des großen Mastes, welches mehr als „1½ Fuß hoch war. Ich schickte einen Matrosen hinauf, „es herunterzubringen. Als er oben war, hörte er dieses „Feuer ein Geräusch machen, wie wenn man angefeuchtetes „Schießpulver anzündet. Ich befahl ihm, den Flügel abzunehmen, und damit herunterzukommen. Kaum hatte „er ihn aber von der Stelle genommen, so gieng das Feuer „davon weg, und setzte sich auf die Spitze des Mastes, „ohne daß man es davon hätte abbringen können. Es

„blieb daſelbſt ziemlich lange, bis es nach und nach ver„gieng. Der gedrohte Sturm hatte weiter keine Folgen, „als einen ſtarken Regen, der etliche Stunden dauerte.“ Aus den übrigen von Reimarus angeführten Erfahrungen ergiebt ſich, daß die Wetterlichter gemeiniglich bey ſtarkem Winde erſcheinen, von demſelben aber nicht bewegt werden, und daß man ſie als Zeichen eines abnehmenden oder ſich zertheilenden Gewitters anſehen kan.

Seitdem der Blitz als eine elektriſche Erſcheinung bekannt iſt, ſind auch die Wetterlichter, den Phänomenen des elektriſchen Lichts gemäß, als Zeichen der in Spitzen und Ecken eindringenden Elektricität angeſehen worden. Eine Spitze nimmt, nicht ſowohl aus den Wolken ſelbſt, als vielmehr aus der um ſie verbreiteten Luft, die Mittheilung der Elektricität ſehr leicht und auf eine große Entfernung an, ſ. Spitzen. Wenn daher dieſe in der Luft vertheilte Elektricität ſtark iſt, wie bey einem durch Wind, Wetterleuchten u. ſ. w. zertheilten Gewitter, und der Wind immer neue Luft herbeyführt, ſo ſaugen die dazu geſchickten Spitzen unaufhörlich Elektricität ein, und zeigen den ſchwirrenden Lichtſchein, der allemal ſtärker iſt, wenn ſie einem — E gegenüberſtehen, oder ſelbſt + E haben, ſ. Strahlenbüſchel, elektriſche.

Auch am menſchlichen und thieriſchen Körper, oder deſſen Bekleidungen, hat ſich dieſes Phänomen gezeigt. Jallabert und de Sauſſure (Hiſt. de l'acad. des ſc. 1767. p. 33.) ſahen auf den Alpen bey einem Gewitter aus ihren Fingern und einem metallnen Hutknopfe Funken fahren. Nicholſon (Philoſ. Trans. Vol. LXIV. p. 351.) bemerkte Wetterlichter an den beyden Ohren ſeines Reitpferdes, wobey viele andere Perſonen an ihren Pferden das nemliche gewahr wurden, und einem der Kopf des ſeinigen ganz im Feuer zu ſtehen ſchien.

Es geht hiebey die Elektricität aus der Luft in die auf der Erde befindlichen Körper über, durch welche ſie ferner zur Erde abgeleitet wird. Man darf ſich nicht vorſtellen, daß zur Entſtehung des Wetterlichts, wie einige gemuthmaßet haben, irgend ein Hinderniß oder eine Unterbrechung

Digitized by Google

der Leitung nöthig sey. Der Schein besteht nicht etwa aus Anhäufung einer leuchtenden Materie; und der Widerstand, der sich hiebey äussert, befindet sich nur da, wo das Licht entsteht, d. i. beym Uebergange aus der Luft in die Spitze, nicht im fernern Wege der Ableitung selbst. Zwar sind die angeführten Wetterlichter größtentheils bey unvollkommnen Ableitungen beobachtet worden; aber es sind auch schon diese zureichend genug, um die aus der Luft allmählich aufgenommene Elektricität wegzuführen, vorzüglich wenn sie vom Regen benetzt sind. In diesem Zustande ist jeder Thurm u. dgl. ein Wetterleiter. Daß man an den Spitzen der vollkommenen Leitungen bisher noch so wenig Wetterlichter bemerkt hat, kömmt wohl nur daher, weil dergleichen Leitungen noch immer nicht so häufig gewesen sind, und die Lichter nur unter gewissen Umständen entstehen. Doch ward am 16 Aug. 1773 an dem mit einer Ableitung versehenen Jacobithurme in Hamburg, und im Jahre 1776 an den Pulvermühlen zu Waltham in Esser ein Wetterlicht wahrgenommen.

Reimarus vom Blitze. Hamburg, 1778. 8. §. 44. §. 172 u. f.

Wettersäule, s. Waſſerhoſe.

Wetterschirm, *Paratonnerre portatif.* Um seine Person vor dem Blitze zu schützen, wenn man während eines Gewitters unter freyem Himmel zu seyn genöthiget ist, haben **Bertholon de St. Lazare** und einige andere Naturforscher Regenschirme mit einer metallischen Ableitung versehen, unter den angegebnen Benennungen in Vorschlag gebracht. **Reimarus** glaubt, dieser nicht zu verachtende Vorschlag könne mit den wenigsten Umständen ausgeführt werden, wenn man einen solchen Schirm aus gewächstem Seidentuch, mit fischbeinernen Stangen versehen, an einen langen Spatzierstock befestigte, und daneben eine breite metallene Tresse von zureichender Länge bey sich führte, daß solche erforderlichen Falls mit dem einen Ende oben am Knopfe des Stocks angesteckt, und mit dem an-

Digitized by Google

dern in einiger Entfernung auf der Erde befeſtigt werden könnte. Der Stock würde ſodann in die Erde geſteckt, und wenn man ſich unter dem ausgebreiteten Schirm niederſetzte, ſo hätte man daran einen ſchützenden Körper, welcher den Stral auffienge, und nicht herab in den Menſchen, ſondern mittelſt der metallenen Treſſe abwärts leitete.

Reimarus vom Blitze, §. 78. S. 221.

Wetterſtral, ſ. **Blitz.**

Widderpunkt, ſ. **Frühlingspunkt.**

Widerſtand, Reſiſtentia, Renitentia, *Réſiſtance*, *Rénitence*. Dieſer allgemeine Name bezeichnet in der Mechanik alles dasjenige, worauf eine Kraft ſo verwendet wird, daß ſie ihre gewöhnlichen Wirkungen entweder ganz oder zum Theil nicht mehr äuſſern kan. Die gewöhnliche Wirkung einer Kraft iſt Bewegung; daher kan in dieſem Sinne alles, wodurch Bewegung ganz oder zum Theil gehindert oder aufgehoben wird, ein Widerſtand genannt werden. So ſagt man, die Feſtigkeit der Unterlage leiſte dem Falle oder Gewichte des Hebels Widerſtand, und es läſt ſich von jeden zwo entgegengeſetzten Kräften ſagen, daß die eine Widerſtand gegen die andere ausübe.

Vorzüglich aber wird der Name **Widerſtand** da gebraucht, wo Eigenſchaften (oder auch gewiſſe ſchon ins Gleichgewicht geſetzte Kräfte) der Körper zwar keine Bewegung hervorzubringen ſtreben, aber doch andere Bewegungen gleichſam in dem Maaße hindern, in welchem ſie dazu aufgefordert werden. So erzeugen Trägheit und Zuſammenhang der Körper für ſich allein keine Bewegung; ſie widerſtehen aber andern Kräften, und zwar mehr oder weniger, je nachdem die Gewalt, der ſie ſich widerſetzen, groß oder gering iſt. Die Feſtigkeit einer Felſenwand hebt eben ſowohl die Bewegung einer Geſchützkugel als den Schlag eines leichten Hammers auf. Im letzten Falle thut ſie wenig; ſie iſt aber vermögend, weit mehr zu thun, ſobald ihr mehr zugemuthet wird. Eigentlich iſt ſo etwas, wie Herr Käſtner ſagt, nur ein Wiederhall anderer Kräfte

Vocalis nymphe, quae nec reticere loquenti,
Nec prior ipsa loqui didicit, resonabilis Echo.

s. **Gegenwirkung** Zum Behuf der Rechnung aber wird es als eine entgegengesetzte Kraft betrachtet, und dies mit Recht, weil es doch in der That Bewegung hindert.

Man kan so chergestalt den Widerstand fester oder flüßiger Körper betrachten. Ueber den ersten, in sofern er aus der Festigkeit der Fibern entsteht, hat Galilei (Discorsi e dimostraz. matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla Mecanica. Leid. 1638.) Untersuchungen angestellt, welche sich vornehmlich auf das beziehen, was **Musschenbroek** in der Folge den respectiven Zusammenhang nannte, s. **Cohäsion** (Th. I. S. 518). Wenn nach seiner Theorie der Balken AL, Taf. XXVII. Fig. 82. an der Grundfläche AabB fest, und G der Schwerpunkt dieser Grundfläche ist, so wird sich das Gewicht, welches bey P müste angehangen werden, um den Balken zu zerbrechen, zu dem Gewichte, welches nöthig ist, ihn der Länge AP nach zu zerreißen, wie GD : AP verhalten. Galilei schließt hieraus, der Widerstand ähnlicher Körper gegen das Zerbrechen wachse in geringerm Verhältnisse, als ihre Massen oder Gewichte. Denn jener Widerstand wächst nur, wie die Quadratzahl, die Masse aber wie der Würfel ähnlich liegender Linien. Hieraus zieht er den merkwürdigen Schluß, daß man die Festigkeit der Theile in Maschinen nicht nach Modellen im Kleinen beurtheilen dürfe, indem die Maschine durch ihr eignes Gewicht zerbrechen kan, wenn gleich das Modell fest hält. Auch würde die Natur beym Bau der thierischen Körper eine gewisse Länge nicht überschreiten können, ohne die Knochen der Gefahr zu brechen auszusetzen; und es liegt hierinn der Grund, warum kleine Insekten oft von so beträchtlichen Höhen fallen, ohne ihre Glieder zu beschädigen. Eine andere merkwürdige Folge ist, daß ein hohler Cylinder dem Bruche stärker widersteht, als ein massiver von gleicher Grundfläche; daher die Natur die Knochen der Thiere, die Federn der Vögel, die Stengel der Pflanzen u. s. w. hohl gebildet hat.

Digitized by Google

Mariotte und Leibnitz haben in dieser Theorie einige Abänderungen gemacht. Sie würde richtig seyn, wenn die Fibern plötzlich zerbrächen, und sich nicht vorher verlängerten. Sieht man aber auf diesen letztern Umstand, so muß in der Theorie statt des Schwerpunkts G ein anderer angenommen werden, weil sich alsdann der Widerstand jeder Fiber nicht, wie ihr Abstand von der Linie Aa, sondern, wie das Quadrat desselben, verhält. Varignon (Mém. de l'acad. des sc. 1702, 1705, 1709.) hat diesen Gegenstand mit hinreichender Allgemeinheit sehr schön behandelt; und Musschenbroek (Introd. ad cohaerentiam corporum firmorum in ej. Diss. physicis, Lugd. Bat. 1729. 4 maj.) handelt von demselben ausführlich, und mit Anführung vieler Versuche.

Vom Widerstande flüßiger Materien s. den nächstfolgenden Artikel.

Montucla hist. des Mathem. T. II. p. 269.

Widerstand der Mittel, Resistentia mediorum s. fluidorum, *Résistance des milieux.* Feste Körper, die sich in einer flüßigen Materie, z. B. Wasser oder Luft, bewegen, müssen in jedem Augenblicke einen Theil ihrer Geschwindigkeit verlieren, weil sie nicht fortgehen können, ohne die in ihrem Wege liegenden trägen Theilchen des flüssigen Mittels aus der Stelle zu treiben. Es wiederfährt ihnen also eben das, was geschehen würde, wenn eine Kraft nach entgegengesetzter Richtung ihre Bewegung hinderte. Daher stellt man sich eine solche hindernde Kraft vor, und nennt dieselbe den **Widerstand der Mittel.**

Dieser rührt blos von der Trägheit her, da der im vorigen Artikel betrachtete Widerstand fester Körper vom Zusammenhange herkömmt. Flüßige Materien haben aber auch einigen, wiewohl geringen Zusammenhang, oder eine **Zähigkeit**, aus welcher gleichfalls ein Widerstand entstehen muß; daher schon im Voraus vermuthet werden kan, daß die blos auf Trägheit gebaute Theorie mit der Erfahrung nicht genau übereinstimmen werde.

Newton, dessen unerschöpflichem Erfindungsgeiste wir diese Theorie zu verdanken haben, hat dieselbe im zwey-

ten Buche seiner Principien in großer Allgemeinheit abgehandelt, und mit Versuchen verglichen, welche darzuthun scheinen, daß bey denen in der Natur vorgehenden Bewegungen der Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional befunden werde. Diese Theorie selbst hängt genau mit der Lehre vom Stoße flüßiger Materien gegen feste Körper zusammen, weil die Wirkung eben dieselbe seyn muß, es mag sich der feste Körper im ruhenden flüßigen, oder der flüßige gegen den ruhenden festen bewegen. Es beruhen also hierauf die Berechnungen des Stoßes gegen die Schaufeln der Wasserräder und Windmühlenflügel, so daß die Lehre vom Widerstande die Grenze wird, an welcher Mechanik und Hydrodynamik in einander fließen.

Man glaubte schon durch Newtons Bemühungen diese Lehre zur überzeugenden Richtigkeit gebracht, als Robins im Jahre 1752 bey Untersuchung der Bahn, welche abgeschoßene Kugeln in der Luft beschreiben, ungemein große Abweichungen von derselben entdeckte, und dadurch die beym Worte Ballistik (Th. I. S. 236.) erzählten neuern Bemühungen veranlaßte. Euler hatte die allgemeine Lehre vom Widerstande gegen bewegte Punkte schon in seiner Mechanik (Mechanica. Petrop. 1736. 4. maj. Tom. I. c. 4. §. 367. seqq.) abgehandelt, woraus Herr Kästner (Anfangsgründe der höhern Mechanik Cap. V. S. 64 u. f.) einen Auszug giebt. Die Lehre vom Stoße des Wassers findet man bey Käsiner (Hydrodynamik §. 316. u. f. 336 u. f.), die vom Widerstande flüßiger Mittel bey Karsten (Lehrbegrif der gesamten Mathematik, vierter Theil Mechanik, Greifsw. 1769. 8. Abschnitt XIX. XX.) größtentheils nach Bernoulli und Euler vorgetragen. Die Theorie läst überall viel Ungewißheit übrig, und eben so wenig entscheiden die Versuche, deren vorzüglich in Frankreich sehr viele und auf mancherley Art angestellt worden sind. De Borda (Exp. sur la réssistance de l'air in den Mem. de Paris 1763. Exp. sur la réssist. de l'eau, in Mem. 1770.), d'Alembert, Bezout, Bossut u. a. haben daraus Folgerungen gezogen, durch welche Newtons Theorie auf mehr als eine Art Abänderungen zu leiden scheint.

Digitized by Google

Die Unterſuchung der Geſetze des ſchiefen Stoßes flüßiger Materien und des Widerſtands auf krumme Flächen iſt von der göttingiſchen Societät zur Preisfrage auf 1791 aufgegeben worden.

Es ſcheint anfänglich, als ob ſich die Größe des Widerſtandes aus den Geſetzen des Stoßes müſte finden laſſen, da doch das Forttreiben der flüßigen Maſſe im Grunde nichts anders, als Mittheilung der Bewegung, iſt. Man findet auch in der That, wenn die vorangehende ebne und auf die Richtung ſenkrechte Fläche des bewegten Körpers = b, ſeine Geſchwindigkeit = c und die Dichte des widerſtehenden Mittels = n geſetzt wird, den Widerſtand als bewegende Kraft betrachtet, oder $R = \frac{\lambda n b c^2}{2g}$ (wo λ für unelaſtiſche Körper = 1, für elaſtiſche = 2 iſt, ſ. Stoß, S. 228). Hiebey bleibt aber unbeſtimmt, wie groß man λ zu nehmen habe; überdies ſtößt der feſte Körper nicht auf völlig ruhende Theile der flüßigen Materie, ſondern auf ſolche, welche von den vorher ausweichenden ſchon in Bewegung geſetzt ſind, auch weichen viele Theile ſeitwärts aus, welches ſchon erwarten läſt, daß die Erfahrung den Widerſtand geringer, als vorige Formel, und λ kleiner als 1 und 2, angeben werde. Aus Newtons Verſuchen ſchien zu folgen, daß $R = \frac{nbc^2}{4g}$ d. i. $\lambda = \frac{1}{2}$ ſey, oder weil $\frac{c^2}{4g}$ die der Geſchwindigkeit c zugehörige Höhe h ausdrückt, (ſ. Fall der Körper, Th. II. S. 125.) daß R = nbh. Dieſer Ausdruck gehört dem Gewichte einer Säule von der Dichtigkeit n und dem Volumen bh zu. Daher läſt ſich Newtons Satz ſo ausdrücken: Der Widerſtand iſt dem Gewichte einer Säule des Fluidi gleich, welche die Vorderfläche des bewegten Körpers zur Grundfläche, und die ſeiner Geſchwindigkeit zugehörige Höhe zur Höhe hat. Newtons Verſuche ſind bey ganz geringen Geſchwindigkeiten angeſtellt. Bey ſchnellern Bewegungen, z. B. der Geſchützkugeln, iſt es entſchieden, daß man den Widerſtand weit größer, vielleicht 2 bis 3 mal

so groß ($\lambda = 1$ bis $\frac{3}{4}$) annehmen müsse. Bey dieser Ungewißheit setzt man im Allgemeinen $R = 2\lambda nbh$.

Aus dieser Formel fließen nun folgende Lehrsätze, welche in die meisten Lehrbücher der Physik aufgenommen sind.

Bey gleicher Fläche und gleicher Dichtigkeit des Mittels verhält sich die Stärke des Widerstands, wie die Höhe, die der Geschwindigkeit zugehört, oder wie das Quadrat der Geschwindigkeit. Man nennt dies das Gesetz des Widerstandes, und es scheint für Bewegungen, die nicht allzuschnell oder allzulangsam sind, durch alle Erfahrungen bestätigt zu werden. In der Naturlehre führt man immer den Grund davon an, daß bey doppelter Geschwindigkeit nicht allein doppelt so viel Theile fortgestoßen werden, sondern auch jeder derselben eine doppelte Geschwindigkeit erhalte, daher ein vierfacher Verlust an Größe der Bewegung entstehe u. s. w. Eine so allgemeine Betrachtung reicht aber nicht hin, den Satz zu beweisen. Er muß vielmehr auf Erfahrungen gegründet werden, und diese scheinen doch bey sehr schnellen und langsamen Bewegungen andere Gesetze des Widerstandes anzugeben.

Bey gleicher Fläche und Geschwindigkeit verhält sich die Stärke des Widerstandes, wie die Dichtigkeit des Mittels. Dieser Satz, auf den Newton sehr viel rechnete, ist ungleich zweifelhafter, als der vorhergehende. Die Versuche des Ritters von Borda widersprechen ihm fast gänzlich, und es scheint, als ob der Formel für jede Materie ein besonderer Coefficient müsse beygefügt werden, den man nicht anders, als durch Versuche bestimmen kann. Daher sind auch alle Vorschläge, Dichtigkeiten der Luft durch ihren Widerstand gegen das Pendel zu messen, ohne Erfolg geblieben.

Bey gleicher Geschwindigkeit in eben demselben Mittel verhält sich die Stärke des Widerstandes, wie die Oberfläche, wobey vorausgesetzt wird, daß diese Fläche eben sey, und auf der Richtung des Weges senkrecht stehe. Auch diesem Gesetze scheinen die Versuche von Borda zu widersprechen; aber Herr Kramp urtheilt, es sey zu natürlich, um unwahr zu seyn.

Digitized by Google

Dieſe Formel drückt den Widerſtand R als bewegende Kraft aus, und wird alſo mit der Maſſe oder dem Gewichte des bewegten Körpers dividirt, etwas geben, das ſich als beſchleunigende Kraft anſehen, und mit der Schwere = 1 vergleichen läſt. Man ſtelle ſich nun vor, der bewegte Körper ſey ein Cylinder von der Grundfläche = b, der Höhe = a, und der Dichte oder ſpecifiſchen Schwere = m, ſo iſt deſſen Gewicht = mab. Dividirt man hiemit in $R = 2\lambda abbh$, ſo findet ſich die beſchleunigende Kraft des Widerſtandes $= \frac{2\lambda nh}{ma}$, d. h. um ſoviel iſt die beſchleunigende Kraft, welche ſonſt bey dieſer Bewegung ſtatt finden würde, in jedem Augenblicke wegen des Widerſtandes zu vermindern.

Man erleichtert die Rechnungen über den Widerſtand, indem man ſich diejenige Geſchwindigkeit vorſtellt, bey welcher der Körper von dem flüßigen Mittel gerade ſo viel Widerſtand leiden würde, als ſein Gewicht beträgt, oder bey welcher die beſchleunigende Kraft des Widerſtandes der Schwere 1 gleich wäre. Die Höhe, welche dieſer Geſchwindigkeit zugehört, nennt Euler den **Exponenten des Widerſtandes**. Wir wollen ſie hier mit dem Buchſtaben H bezeichnen. Verhält ſich nun der Widerſtand ſelbſt allmal, wie c^2, oder wie h; und iſt er (als beſchleunigende Kraft) = 1, wenn h = H iſt, ſo folgt hieraus, daß er allmal $= \frac{h}{H}$ ſeyn müſſe. Dieſer Ausdruck iſt ſehr bequem; man kann nun die beſchleunigende Kraft, wenn ſie bey der Bewegung im leeren Raume = f geweſen wäre, jetzt in widerſtehenden Mittel $= f - \frac{h}{H}$ ſetzen, welches ſtatt f in die Grundformeln der höhern Mechanik gebracht, die Fragen von der Bewegung in widerſtehenden Mitteln allgemein beantwortet, obgleich dazu noch ſehr feine Kunſtgriffe der Rechnung des Unendlichen gehören. Alsdann muß H bey der Anwendung auf jeden Fall beſonders beſtimmt werden.

Digitized by Google

Beym vorhin angenommenen Cylinder iſt $\frac{h}{H} = \frac{2\lambda nh}{ma}$,

mithin der Exponent $H = \frac{ma}{2\lambda n}$. Er verhält ſich alſo direct, wie die ſpecifiſche Schwere des bewegten Cylinders, und wie deſſen Höhe oder Axe, und umgekehrt, wie die Dichtigkeit des widerſtehenden Mittels, wobey freylich angenommen wird, daß der Coefficient λ ſtets einerley Größe behalte, und der bewegte Körper ein Cylinder, oder wenigſtens ein Priſma ſey, deſſen ebne Grundfläche in der Richtung der darauf ſenkrechten Axe vorangeht.

Hat der bewegte Körper eine andere Geſtalt oder Lage, ſo ändern ſich Stärke und Exponent des Widerſtands, und vieviel dieſe Aenderung betrage, muß nun aus den Geſetzen des ſchiefen Stoßes gefunden werden. Zum Unglück aber ſind dieſe Geſetze noch weit entfernt, uns Reſultate zu geben, welche mit der Theorie übereinſtimmten. Nach der gewöhnlichen Theorie, welche Karſten (a. a. O. §. 303. u. f.) ausführt, ſoll der Widerſtand, der auf die erhabne Fläche einer Kugel ausgeübt wird, halb ſo groß ſeyn, als derjenige, dem ihr gröſter Kreis bey gleicher Maſſe ausgeſetzt wäre. Allein die Verſuche des Ritters de Borda ſind dieſem Ausſpruche gänzlich entgegen, und es ſcheint aus ihnen eher zu folgen, daß der Widerſtand gegen die Kugel nur zwey Fünftel von dem beträgt, der auf ihren gröſten Kreis ausgeübt würde, welches auch die meiſten neuern Mathematiker annehmen.

Newton ſelbſt erkannte ſchon, daß ſeine Theorie den Erfahrungen nicht allenthalben Gnüge leiſte. Zwar bey den Verſuchen, die er im Jahre 1710 durch Hawksbee in der Paulskirche zu London anſtellen ließ, um den Widerſtand der Luft zu prüfen, waren die Abweichungen nicht beträchtlich (ſ. Princip. philoſ. L. II. Prop. XL. Schol.) Man ließ verſchiedene hohle Kugeln von Glas aus einer Höhe von 220 engliſchen Fuß herabfallen, beobachtete die Zeiten des Falles, und berechnete dann aus ihrem Gewicht und Durchmeſſer, nebſt der Dichte der Luft (welche 860mal

Digitized by Google

leichter, als Wasser, gesetzt ward) die Fallhöhen, welche den beobachteten Zeiten bey Betrachtung des Widerstandes zukommen müsten. Man fand folgende Resultate

Gewicht der Kugeln	Durchmesser	Zeiten des Falles	Berechnete Höhen
510 Gran	5,1 Zoll	8 Sec. 12 Tert.	226 Fuß 11 Zoll
642 "	5,2 "	7 " 42 "	230 " 9 "
599 "	5,1 "	7 " 42 "	227 " 10 "
515 "	5,0 "	7 " 57 "	224 " 5 "
483 "	5,0 "	8 " 12 "	225 " 5 "
641 "	5,2 "	7 " 42 "	230 " 7 "

Diese berechneten Höhen weichen von 220 Fuß noch nicht 11 Fuß, und eine davon nur $4\frac{1}{2}$ Fuß, ab. Fast noch genauer trafen die Versuche zu, welche Desaguliers 1719 mit leichten hohlen Kugeln aus Schweinsblasen anstellte, die er durch 272 Fuß fallen ließ. Die Resultate waren

Gewicht	Durchmesser	Zeiten d. Fall.	Berechnete Höhen
128 Gran	5,28 Zoll	19 Sec.	271 Fuß 11 Zoll
156 "	5,19 "	17 "	272 " $10\frac{1}{2}$ "
$137\frac{1}{2}$ "	5,3 "	$18\frac{1}{2}$ "	272 " 7 "
$97\frac{1}{2}$ "	5,26 "	22 "	277 " 4 "
$99\frac{1}{2}$ "	5,0 "	$21\frac{1}{8}$ "	282 " 0 "

wovon die drey ersten nicht um einen Fuß von der wahren Höhe abweichen. Wie viel hiebey der Widerstand der Luft ausmache, sieht man daraus, daß im leeren Raume die Körper in 8 Sec. durch 1000, in 16 Sec. durch 4000 Rheinl. Fuß gefallen seyn würden. Aehnliche Versuche über den Widerstand des Wassers stimmten eben so gut mit dieser Theorie überein.

Aber durch eine Reihe Versuche mit dem Pendel bemerkte Newton (Prop. XXXI. Schol.), daß bey sehr kleinen Schwingungen desselben alle Folgen des Satzes, daß der Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional sey, von der Erfahrung sich entfernten. Er ward überzeugt, daß der Widerstand wenigstens von zwey Ursachen herrühre, von welchen nur die eine jenem Gesetze, die andere aber einem andern folge, und daß diese letztere Ur-

ſache beſonders bey langſamen Bewegungen ſehr merklich wirke. Er ſahe ſich endlich genöthiget, über dieſen zweyten Theil des Widerſtands die Unterſuchung gänzlich abzubrechen.

Uebrigens zeigen die Verſuche von **Deſaguliers** (Phil. Trans. num. 362.), daß dichte Bleykugeln von 2 Zoll Durchmeſſer in $4\frac{1}{2}$ Secunden um 50 Fuß weniger tief fallen, als ſie im leeren Raume fallen würden, und daß gläſerne hohle Kugeln von $5\frac{1}{2}$ Zoll Durchmeſſer in 6 Secunden um 288 Fuß zurückbleiben. Dem Widerſtande der Luft iſt es lediglich zuzuſchreiben, daß ſchwere und dichte Körper ſchneller, als leichte, fallen. Aus eben dem Grunde ſchwingen auch ſchwerere Pendel wirklich geſchwinder, als leichtere von gleicher Länge. In dichtern Fluidis ſchwingen die Pendel langſamer, als in dünnern, einmal weil in jenen der Widerſtand ſtärker iſt, und dann, weil durch den Gewichtsverluſt im dichtern Flüßigen die beſchleunigende Kraft der Linſe mehr vermindert wird.

Lambert (Von dem Gange der Penduluhren in den berliner Ephemeriden für 1776. II. Th. S. 215. u. f.), der auf die zuletzt angegebne Urſache aufmerkſam macht, ſchlägt dabey die Pendel zu meteorologiſchem Gebrauch vor, um die Dichte der Luft zu beobachten. **Bouguer** hatte ſchon dergleichen Verſuche gemacht, ſ. **Höhenmeſſung** (Th. II. S. 621.) und Herr **de Sauſſure** beſchloß auf den Vorſchlag des Herrn **Gruber** in Prag dieſelben auf dem **Col du Geant** zu wiederholen; allein der Erfolg lehrte, daß das Pendel hiezu ſehr unbequem und unſicher ſey. (ſ. *Rozier* Journal de phyſ. Fevr. 1790. p. 98. ſqq. und in **Gren** Journal d. Phyſik, 1790. 6tes Heft. S. 583. u. f.). Die Dichte der Luft an jedem Orte unmittelbar zu beobachten, dient weit beſſer das von **Fouchy** verbeſſerte Guerickiſche Manometer, oder die in den Abhandlungen der böhmiſchen gelehrten Geſellſchaft für 1788 beſchriebene Luftwage, mit welcher Herr **Gerſtner** auf dem Rieſengebirge Beobachtungen angeſtellt hat (ſ. Beobachtungen auf Reiſen nach dem Rieſengebirge, von **Jiraſek, Haenke, Gruber** und **Gerſtner**. Dresden 1791. 4.). Solche Beob-

Digitized by Google

achtungen müſten wohl erſt zum Grunde gelegt werden, um die Dichte der Luft vorher zu beſtimmen; alsdann würde man vielleicht die mit Pendeln gemachten Verſuche beſſer nützen können, nicht die Dichte zu erfahren, ſondern die Theorie des Widerſtands der Luft zu vervollkommnen.

In den Bahnen der Geſchützkugeln verurſacht dieſer Widerſtand Abweichungen, deren Größe für ein Fluidum, welches auf 6000mal leichter, als das darin bewegte Metall iſt, ganz ungeheuer und unerwartet ausfällt. Man hat ſich bisher vergebens bemüht, die Theorie dieſer Wirkungen gänzlich aufs Reine zu bringen; es ſcheint dabey noch an phyſikaliſchen Kenntniſſen zu fehlen, um die Gründe berichtigen zu können, auf welche die Mathematiker bisher, vielleicht zu frühzeitig, gebaut haben.

Die Erfindung der Aeroſtaten eröfnete neue Ausſichten für dieſe Lehre. Die aeroſtatiſchen Kugeln ſteigen ohne alle Mitwirkung einer bewegenden Kraft blos durch ihre ſpecifiſche Leichtigkeit auf, und werden von einer der Schwere entgegengeſetzten beſchleunigenden Kraft getrieben, deren Verhältniß zur Schwere durch genaue Abwägungen beſtimmt werden kan. Dabey findet eine ſehr mäßige Geſchwindigkeit ſtatt, welche mehr Uebereinſtimmung zwiſchen Theorie und Erfahrungen erwarten läſt. Dieſe Vortheile bewogen die Mathematiker, die Geſetze der Bewegung für dieſen Fall beſonders zu unterſuchen, eine Arbeit, womit ſich ſelbſt der große Euler noch wenig Tage vor ſeinem Tode beſchäftiget hat. Auflöſungen dieſer Aufgabe haben die Herren Meusnier (in *Faujas de St. Fond* Deſcription des exp. de la machine aëroſtatique. Paris, 1783. 8. p. 49 ſqq. der deutſch. Ueberſ. Leipzig 1784. gr. 8. S. 41. u. f.) und Kramp (Geſchichte der Aeroſtatik. Straßburg, 1784. gr. 8. 11 — 16 Abſchnitt) mitgetheilt, und mit dem aeroſtatiſchen Verſuche auf dem Marsfelde vom 27 Aug. 1783 verglichen, ſ. Aeroſtat. Aber alle die ſchönen Hofnungen, wozu man ſich damals berechtiget hielt, ſind verſchwunden, ſeitdem ſich die aeroſtatiſchen Verſuche unglücklicher Weiſe in Händen befinden, die ſie ganz zu geldbringenden Schauſpielen herabwürdigen.

Digitized by Google

Wäre der Raum, in dem sich die Planeten bewegen, mit einer merklich widerstehenden Materie erfüllt, so müsten dadurch die Axen der Planetenbahnen und die Umlaufszeiten um die Sonne von Zeit zu Zeit kürzer werden. Man hat doch bisher noch keine entschiedenen Spuren hievon gefunden, s. Aether (Th. I. S. 86.). Daraus folgt, daß die Materie, die sich in diesem Raume befindet, äusserst dünn seyn müsse. Das Daseyn einer Materie im Himmelsraume ist wahrscheinlich, auch von Newton nicht geläugnet worden, als welcher nur den absolut vollen Raum des Descartes bestreitet. Er erweiset (L. II. Prop. 38.) daß sich der Widerstand zu der Kraft, welche einer Kugel in der Zeit, in welcher sie $\frac{2}{3}$ ihres Durchmessers durchläuft, ihre ganze Bewegung nehmen würde, allemal wie die Dichte des Mittels zur Dichte der Kugel verhalte. Hieraus folgt, daß im absolut dichten Mittel, wo beyde Dichtigkeiten gleich wären, jede Kugel aufhören müste, sich zu bewegen, so bald sie $\frac{2}{3}$ ihres Durchmessers zurückgelegt hätte.

Kästner Anfangsgründe der höhern Mechanik. Göttingen, 1766. 8. I. Abschn. 5 Cap. S. 64 u. f.

Karsten Lehrbegrif der gesammten Mathematik, viert. Th. Mechanik. Greifsw. 1769. 8. XIX. Abschnitt.

Kramp Geschichte der Aerostatik. Erster Theil. Straßburg, 1784. gr. 8. X. Abschn. S. 155 u. f.

Wind, Ventus, *Vent*. Die Bewegung der Luft im Luftkreise. Wird an irgend einer Stelle des Luftkreises das Gleichgewicht zwischen ihr und den benachbarten in Absicht auf Druck, Dichte, Elasticität ꝛc. gehoben, so dringt der stärkere Theil dahin, wo er geringern Widerstand findet, und es entstehen dadurch die Bewegungen, welche wir **Winde**, und in heftigern Graden **Windsbrauten**, **Stürme**, **Orkane** nennen.

Man giebt den Winden nach der Weltgegend, von der sie kommen, die Namen der **Nord-**, **Süd-**, **Ost-**, **Weſtwinde**, und legt eben so denen, die nicht gerade aus einer Hauptgegend wehen, den Namen der zugehörigen Nebengegend bey. So werden der Richtung nach 32

Winde unterschieden, s. Weltgegenden, welches zum praktischen Gebrauch für Schiffahrt und Meteorologie mehr als hinreichend ist, da ohnedem die Natur der Sache keine vollkommne Genauigkeit verstattet.

Man hat die Fragen aufgeworfen, ob die Bewegung der Luft beym Winde gerade fortgehend (motus progressivus), oder wellenförmig sey, oder ob sie sich, wie der Schall, von einem Orte nach allen Seiten zu ausbreite. Auf der Erdfläche, wo die Winde gegen allerley Hindernisse stoßen, können ohne Zweifel alle diese Arten der Bewegung statt finden; in der Höhe aber giebt der Gang der Wolken Anlaß, einen geradlinigten Fortgang des Windes zu vermuthen.

Die meisten Winde sind horizontal, oder weichen doch nicht viel von der wagrechten Richtung ab. Bisweilen giebt es jedoch in der Luft Ströme, die nach allerley Winkeln abwärts oder aufwärts geneigt, oder wohl gar lothrecht sind. Eine erwärmte oder sonst leichter gewordene Luft rückt in die Höhe; dagegen sinkt die kälter oder schwerer gewordene nieder, bis das Gleichgewicht erhalten ist. Auf solche Art können Luftströme nach unzählbar verschiedenen Richtungen entstehen.

An einigen Orten sind die Winde das ganze Jahr hindurch **beständig**; an andern verändern sie sich **periodisch** nach gewissen Gesetzen; an sehr vielen findet man lauter **veränderliche Winde** mit unaufhörlichem Wechsel und Ungleichheit.

Auf dem Weltmeere wehet zwischen den Wendekreisen und noch einige Grade über dieselben hinaus ein **beständiger Ostwind**, der sich jedoch nordwärts der Linie mehr nach Nordost, und südwärts derselben nach Südost zieht, und sich bey dieser Abweichung nach dem Stande der Sonne richtet. Wenn nemlich die Sonne in den nördlichen Zeichen stehet, so zieht sich dieser Wind auf der Nordseite weniger nach Norden, dagegen aber auf der Südseite mehr nach Süden; und beym Stande der Sonne in den südlichen Zeichen geschieht gerade das Gegentheil. Die Beschaffenheit dieser Winde (*Vents alizés*, engl. Trade-winds)

hat Halley (An historical account of the trade-winds and monsoons &c. in den Philos. Trans. num. 183. p. 153.) zuerst genauer dargestellt, und Muſſchenbroek (Introd. ad philos. nat. Tom. II. Tab. LXIV.) giebt nach ihm und Dampier eine Karte darüber, deren Anblick ihre Richtungen und die Abänderungen derſelben ganz deutlich überſehen läſt.

Halley nimmt als Urſache dieſer beſtändigen Winde mit Recht die Erwärmung des Luftkreiſes durch die Sonne an. Da dieſe beſtändig zwiſchen den Wendekreiſen von Oſten nach Weſten umläuft, ſo wird an dem Orte, in deſſen Scheitel ſie ſteht, die Luft am ſtärkſten erwärmt, und die daſelbſt befindliche Luftſäule ausgedehnt. Dadurch erhebt ſich dieſer ganze Theil des Luftkreiſes, muß aber, weil er aus einer flüßigen Materie beſteht, oben auf allen Seiten abfließen. Damit nun das Gleichgewicht wieder hergeſtellt werde, wird die untere kältere Luft von allen Seiten zufließen, durch die Sonne wieder erwärmt werden, und ſo dieſen Umlauf immer fortſetzen. Weil ſich aber der Ort, wo dieſes geſchieht, verändert und mit der Sonne von Morgen gegen Abend fortrückt, ſo fließt die erwärmte Luftſäule vornehmlich gegen Morgen zu über, und es bewegt ſich dagegen die untere kältere Luft vornehmlich von Morgen gegen Abend, daher an den Orten der Erde, über welche die Sonne gerade hinweggeht, und in der Nähe derſelben, ein beſtändiger Morgenwind merklich ſeyn muß. Zugleich muß ſich dieſer Wind nach dem Stande der Sonne in der Ekliptik richten, woraus ſich die angeführten Abweichungen von der Morgengegend mit ihren Veränderungen ganz leicht erklären.

D'Alembert (Reflexions ſur la cauſe generale des vents, piece, qui a remporté le prix par l'acad. royale de Pruſſe pour l'année 1746. à Berlin 1747. 4.) unterſucht, welchen Einfluß die Anziehung des Monds auf die Geſtalt des Luftkreiſes haben müſſe. Man ſieht leicht, daß der Mond eben ſowohl in der Luft, als im Meere, eine abwechſelnde Ebbe und Fluth veranlaſſen muß, obgleich das Barometer nichts davon anzeigt. D'Alembert findet,

daß diese Luftfluth viel zu gering sey, um jemals durch eine Barometerveränderung merklich zu werden, daß aber dennoch hieraus ein beständiger Luftstrom von Osten nach Westen entstehen müsse, daher man diese Ursache bey der Erklärung des beständigen Ostwinds wenigstens mit zu Hülfe nehmen muß. Beyde Ursachen haben ihre stärkste Wirkung zwischen den Wendekreisen, und verlieren sich gänzlich in einer Breite von etwa 30°.

Wäre die Erdfläche eben und gleichartig, entweder überall trocken, oder ganz mit Wasser bedeckt, so würde der Ostwind zwischen den Wendekreisen stets auf die angeführte Art herrschen. Allein es liegen hier viel Hindernisse im Wege. Das Weltmeer ist durch zwo oder drey Landzungen und viele Inseln zertheilt, welche die Wärme nicht auf gleiche Art mit dem Wasser annehmen, dem Winde widerstehen und ihm oft eine ganz entgegengesetzte Richtung geben. Ueberhaupt nimmt das Wasser die Abwechselungen der Wärme und Kälte nicht so schnell und stark, als das Land, an. Der sandige Boden von Nigritien z. B. wird von der Sonne weit stärker erhitzt, als das Meer; daher muß die kältere Luft vom Meere herbeystreichen, und von der Insel Palma längst den Küsten von Biledulgerid und Nigritien einen beständigen Nordwestwind verursachen. Eben so ist die Beschaffenheit des Bodens in Guinea und Biafara, wodurch ein Zuströmen kälterer Luft vom äthiopischen Meere her, und ein Südwind längst der Küste der Caffern und Angola veranlasset wird. Aus ähnlichen Gründen läst sich sehr vieles von der großen Verschiedenheit der Winde an den Küsten erklären, dessen umständliche Ausführung, welche hier zu weitläuftig fallen dürfte, bey Musschenbroek (Introd. ad philos. nat. To. II. §. 2558–2576) nachgelesen werden kan. Den allgemeinen Ostwind findet man an der östlichen Küste von Afrika schon 15 Meilen weit vom Lande, an der Küste von Amerika hingegen nicht eher, als 50 Meilen von demselben. Im stillen Meere herrscht er mit mehr Stärke und Beständigkeit, indem der Widerstand daselbst seltner und geringer ist. Unter der Linie ist der Himmel vom März bis zum Septem-

der klar, aber im Januar erheben sich die Stürme, welche gegen den südlichen Wendekreis zu immer allgemeiner und heftiger werden, je größer die Breite ist. Sie kommen gemeiniglich von Westen, so daß es das Ansehen hat, als würde der Luftstrom von den Andes gebrochen und nach ihrer Richtung geleitet.

Zu den periodischen Winden gehören außer den Passatwinden oder Monsoons im indischen Meere, von welchen ein eigner Artikel handelt, auch die abwechselnden Land- und Seewinde an den Küsten der heißen Zone. Die Landwinde wehen bey Nacht nach der See zu; die Seewinde bey Tage vom Meere landwärts. So entsteht auf Domingo gemeiniglich ein Ostwind vom Meere her von 10 Uhr Vormittags, hingegen um 6 oder 7 Uhr Abends ein Westwind vom Lande, welcher die ganze Nacht hindurch anhält. Die Seewinde sind an den Vorgebirgen am stärksten, in den Meerbusen am schwächsten, herrschen rund um die Inseln, und sind bey klarem Wetter regelmäßig. Doch gehen sie nie weit ins Land hinein. Die Landwinde gehen auf den Inseln von der Mitte aus nach allen Seiten; zuweilen reichen sie kaum bis über die Ufer, zuweilen gehen sie eine halbe Meile und noch weiter ins Meer. Sie dauern desto kürzer, je stärker sie sind. Von den Vorgebirgen kommen die schwächsten Landwinde, dagegen sind die in den Meerbusen die stärksten.

Diese Erscheinungen setzen es ausser Zweifel, daß die ungleiche Erwärmung und Abkühlung der Land- und Seeluft den wahren Grund dieser abwechselnden Winde enthalte. In der Nacht wird das Land schneller erkältet, und die untere dichtere Luft verbreitet sich gegen die auf dem Meere liegende dünnere, dagegen am Tage wegen der schnellern und stärkern Erwärmung des Landes das Gegentheil geschieht.

In den gemäßigten und kalten Zonen herrschen unbeständige Winde (venti liberi). Es sind zwar immer an jedem Orte gewisse Winde häufiger, als andere; aber sie finden sich hier nicht zu bestimmten Zeiten und in regelmäßiger Ordnung ein. Musschenbroek giebt für Utrecht

aus Beobachtungen von 29 Jahren im Durchschnitte für jedes Jahr 42 Tage Nordwind, 33 N. W, 77 W., 58 S. W., 33 S., 26 S. O, 43 N. O an; Krafft für Tübingen aus 9jährigen Beobachtungen 20 Tage N., 11 N. W, 61 W., 26 S. W., 11 S., 6 S. O, 60 O., 15 N. O., 155 Tage Windstille an. An beyden Orten ist der Westwind der häufigste. In Holland fehlen die Ostwinde fast gänzlich, und Südost ist der seltenste, wovon **Musschenbroek** zwo Ursachen angiebt, einmal, weil Holland stets feuchter und kälter, als das gegen Ost und Südost liegende Deutschland, ist, und dann, weil die Gebirge in der Schweitz, Tyrol, der Pfalz und Jülich diese Winde abhalten. Gegen den Nordpol scheint der Nordwind, gegen den Südpol der Südwind mehr herrschend zu werden. Bisweilen herrschen anhaltende Winde eine Zeitlang durch ganze Länder; zu anderer Zeit sind die Winde, selbst an nahe gelegnen Orten, ganz unterschieden. Sie brechen sich an Wäldern, Bergen und andern Gegenständen, und erhalten nach Beschaffenheit des Bodens und der Umstände sehr verschiedene Grade der Stärke.

Die beständigen Winde wehen sehr gleichförmig und gelind; ihre Geschwindigkeit beträgt nicht über 10 — 15 Fuß in einer Secunde. Die unbeständigen hingegen sind geschwinder und heftiger. Bey einer Geschwindigkeit zwischen 40 und 60 Fuß in der Secunde führen sie den Namen der **Stürme** (procellae), und die noch geschwindern heißen **Orkane** (*Ouragans*). **Mariotte** setzt zwar die Geschwindigkeit des heftigsten Windes nur auf 30 pariser Fuß; aber **Derham** (Philos. Trans. num. 114.) beobachtete schon einen Sturm von 66 engl. Fuß Geschwindigkeit, wodurch eine steinerne Säule von 12 Fuß Höhe, 5 Fuß Breite und 2 Fuß Dicke abgebrochen ward. Ein andermal war die Geschwindigkeit 81 Fuß in einer Secunde. **Krafft** (Comm. Petrop. Vol. XIII. p. 380.) beobachtete am 24 März 1741 zu Petersburg einen Orkan, der in einer Secunde $109\frac{7}{10}$ rheinl. Fuß durchlief, und zu anderer Zeit einen von 123 Fuß.

Diese unbeständigen Winde haben einen ungleichen Gang. Bald legen sie sich, um gleichsam auszuruhen, bis aufs neue ein desto heftigerer Stoß erfolgt. Vielleicht kömmt dieses von einer wellenförmigen Bewegung her, bey der die Luftwellen eben so, wie die im Wasser, durch Zwischenräume getrennt sind. Der Wind ist gemeiniglich etwas über der Erde am stärksten, wo ihn kein Hinderniß schwächt, daher auch auf der See heftiger, als auf dem Lande, und auf dem flachen Felde stärker, als an waldigten Orten. Auf den Gipfeln hoher Berge wüten die Stürme mit erstaunlicher Gewalt.

Man hat viele Beyspiele von sehr gewaltsamen Wirkungen der Winde. Musschenbroek führt an, daß am 8 August 1749 der Wind in Schlesien 17 Mühlen umwarf, zu einer Zeit, da in Leiden eine vollkommne Windstille herrschte. Im Jahre 1680 ward ohnweit Warschau ein ganzer Kirchthurm mit Glocken und allem Zubehör abgehoben und auf ein entlegnes Haus geführt (Journal des Savans, 1680. p. 241). In eben demselben Jahre am 7. Junii stürzte in Frankreich ein Orkan mehrere Schlösser und Kirchen ein, und führte einen Kirchthurm mit den Glocken 100 Schritt weit fort. Im Jahre 1766 den 13 August zerstörte der Sturm auf Domingo 6 Kirchen von Grund aus, und hob von vier andern die Dächer ab, wobey 69 Fahrzeuge strandeten und 335 Personen umkamen.

Das Vermögen des Windes hängt von seiner Geschwindigkeit und von der Dichte der Luft ab. Musschenbroek (Introd. To. II. §. 2619 sqq.) führt einige Rechnungen hierüber, wobey er annimmt, das Moment des Windes verhalte sich, wie das Produkt der Luftmasse in das Quadrat der Geschwindigkeit. Nach diesem Satze müssen sich die Geschwindigkeiten von Wasser und Luft, wenn beyde gleiche Wirkung thun sollen, wie die Quadratwurzeln aus ihren specifischen Schweren (etwa wie 1 zu 24 bis 30) verhalten. Die Versuche lehren auch, daß die Luft 24 mal schneller, als das Wasser, gehen müsse, um mit diesem gleiche Wirkung auf eine ebne Fläche zu thun. Nun ist nach de la Hire die Kraft des Stoßes eines fließenden

Waſſers dem Gewichte einer Waſſerſäule gleich, welche die geſtoßne Ebne zur Grundfläche, und die der Geſchwindigkeit zugehörige Höhe zur Höhe hat. Wenn alſo das Waſſer in einer Secunde 1 pariſer Schuh durchläuft, welcher Geſchwindigkeit die Höhe $\frac{1}{60}$ Schuh zugehört, ſo wird die Kraft des Stoßes auf 1 Quadratſchuh Fläche dem Gewichte von $\frac{1}{60}$ Cubikſchuh Waſſer gleich, oder wenn man den Cubikſchuh Waſſer 63 Pfund ſchwer annimmt, $= 1\frac{1}{20}$ Pfund ſeyn. Eben ſo groß iſt die Kraft eines Windſtoßes, der in einer Secunde 24 Fuß durchläuft.

Der ſtärkſte beobachtete Sturmwind von 123 Fuß Geſchwindigkeit, geht ohngefähr $5\frac{1}{8}$ mal ſchneller, wird alſo etwa 26 mal ſtärker wirken, und auf 1 Quadratſchuh Fläche mit einer Kraft von $26.1\frac{1}{20}$ d. i. etwa 27 Pfund ſtoßen. Hieraus läſt ſich nun bald überſchlagen, daß er auf einen 58 Fuß hohen Baum mit einer Krone von 50 Fuß Breite und einem Stamme von 10 Fuß Höhe eine Kraft von 4 200 000 Pfund, und auf einen Thurm, der 150 Fuß hoch und auf jeder Seite 30 Fuß breit iſt, eine von mehr als 9 Millionen Pfund ausüben muß.

Auf gleichen Gründen mit dieſer Berechnung beruht die ganze Theorie des Windſtoßes gegen ebne Flächen, welche derſelbe entweder nach ſenkrechten, oder nach ſchiefen Richtungen, wie bey den Windmühlenflügeln, trift. Man findet dieſe Theorie im beſten Zuſammenhange beym Karſten (Lehrbegrif der geſamt. Math. 6ter Theil, 1771. Pneumatik, IX. Abſchn.) vorgetragen. Gewöhnlich wird angenommen, der Druck, den eine auf die Richtung des Windes ſenkrechte Fläche $= b$ leidet, wenn des Windes Geſchwindigkeit der Höhe h zugehört, und die Dichte der Luft $= n$ heißt, ſey $= nbh$. Dies kömmt mit Newtons Theorie vom Widerſtande überein. Ueberhaupt iſt der Stoß flüßiger Materien gegen feſte Flächen mit dem Widerſtande einerley, den die Materien thun, wenn ſie ruhen und die Flächen durch ſie hin bewegt werden. Denn es iſt einerley, ob der Wind gegen eine ruhende Fläche ſtößt, oder ob dieſe Fläche mit gleicher Geſchwindigkeit in entgegengeſetzter Richtung durch die ruhende Luft geführt wird. Da-

Digitized by Google

her läſt ſich die newtoniſche Formel für den Widerſtand $R = nbh$ auch hier gebrauchen; man hat aber zu bedenken, daß andere $R = 2nbh$ annehmen, und im Allgemeinen $R = 2\lambda nbh$ wird, wo der Werth von λ für jeden beſondern Fall erſt durch Erfahrungen auszumachen iſt. Bey ſchnellen Bewegungen iſt es entſchieden, daß R weit größer, als nbh wird, ſ. **Widerſtand der Mittel.**

Beym ſchiefen Stoße unter dem Neigungswinkel α nimmt man den lothrechten Druck des Windes gegen die Ebne $= nbh.\sin\alpha^2$ an, obgleich auch bey dieſem Satze die Schlüße, welche ihn rechtfertigen ſollen, mangelhaft ſind. Ueberhaupt iſt dieſe Lehre vom Stoß und Widerſtande flüßiger Materien ſo vielen Schwierigkeiten ausgeſetzt, daß **Euler** (Dilucidationes de reſiſtentia fluidorum in Comm. Petrop. To. VIII. p. 200.) urtheilt, eine wahre und ſcharf erwieſene Theorie derſelben zu geben, überſteige die Kräfte des menſchlichen Verſtandes.

Die Winde haben ſehr ungleiche Eigenſchaften und Wirkungen, nach Beſchaffenheit der Orte, von denen ſie herkommen. Von Gegenden, welche mit Eis und Schnee bedeckt ſind, wehen ſie kalt, von erhitzten Sandheiden heiß und erſtickend, vom Meere und Seen feucht, von warmen hochliegenden Orten trocken u. ſ. w. Sehr leicht kan alſo der Wind aus einer und eben derſelben Weltgegend für einen Ort geſund, angenehm und vortheilhaft, für einen andern ungeſund, beſchwerlich und ſchädlich ſeyn.

Die Bewegung der Wolken zeigt, daß der Luftkreis in ungleichen Höhen weder einerley Geſchwindigkeit, noch einerley Richtung habe, ja daß die untern Winde den obern zuweilen gerade entgegengehen. Wenn man die Geſchwindigkeit des obern Windes aus der Bewegung der Wolken beurtheilt, ſo findet man ſie ſehr groß, zuweilen, auch bey anhaltenden Winden, auf 30 Fuß in einer Secunde.

Ariſtoteles (Meteor. L. III.), **Seneca** (Quaeſt. nat. V. 12) und **Plinius** (H. N. II. 48.) erwähnen beſondere Arten plötzlicher Stürme und Orkane (repentini flatus) unter den Namen Preſter, Exhydria, Ecnephias, Typhon. **Der Preſter** ſoll ein mit Blitzen begleiteter Sturmwind

ſeyn, und wird insgemein für das anjetzt unter dem Namen der Wetterſäule oder Waſſerhoſe bekannte Meteor angenommen, ſ. Waſſerhoſe. Die Exhydria, wobey eine Menge Waſſer herabſtürzt, wird gewöhnlich für den Wolkenbruch erklärt; ſo wie der Ekhephias, der aus einer Wolke hervorbricht, den im äthiopiſchen Meere, und vornehmlich am Cap der guten Hofnung vorkommenden ſogenannten Travados ähnlich zu ſeyn ſcheint. Dieſe Travados beſtehen aus kleinen ſchwarzen Wolken, welche ſich bey ſtillem und klarem Wetter zeigen, innerhalb einer kleinen Stunde ſich weit verbreiten, und die ſchrecklichſten Stürme hervorbringen, welche zuweilen den ganzen Compaß durchlaufen, Schiffe umwerfen und alles, was ihnen vorkömmt, zerſtören. Auf der Küſte von Guinea giebt es deren oft 2 bis 3 des Tages, im April, May und Junius; ingleichen in Loango, Guardafui, und auf dem Vorgebirge der guten Hofnung, wo beſonders die Travaten vom Tafelberge unter dem Namen des Ochſenauges bekannt ſind. Der Typhon (ecnephias vibrans, vortex *Plin.*) wird als ein heftiger ebenfalls aus einer Wolke hervorbrechender Wirbelwind beſchrieben, ſ. Typhon.

Die Wirbelwinde (turbines) beſtehen aus einer größern oder kleinern mit Heftigkeit um ihre Axe gedrehten Luftſäule, welche zugleich eine fortgehende Bewegung zeigt. Ihre Wirkungen ſind oft ſehr gewaltſam. Großentheils mögen ſie wohl aus wahren Wetterſäulen beſtehen, welche auf dem trocknen Lande eben ſowohl, als auf dem Meere, durch die elektriſche Anziehung können verurſacht werden, ſ. Waſſerhoſe. Denn die meiſten hängen mit einer dichten und ſchwarzen Wolke zuſammen, mit der ſie ſich fortbewegen. Gleichwohl können umdrehende Bewegungen der Luft auch aus andern blos mechaniſchen Urſachen, z. B. aus dem Zuſammentreffen entgegengeſetzter Luftſtröme, aus dem Stoße des Windes gegen Hinderniſſe u. ſ. w. entſtehen.

Die Theorie der Winde, ſo wichtig ſie auch für die Meteorologie ſeyn würde, iſt doch noch immer ſehr weit von ihrer Vollkommenheit entfernt. Der Kanzler Bacon

(Historia naturalis et experimentalis de ventis 1664. in Bacon's Works by P. *Shaw*. London, 1733. 4. Vol. III. p. 441.) gab zwar schon an der Lehre von den Winden ein vortreffliches Beyspiel seiner Methode, gesammlete Erfahrungen zu ordnen, und von ihnen zur Entdeckung der Gesetze und physischen Ursachen fortzuschreiten. Indessen sind doch alle Bemühungen in diesem Fache sehr unvollkommen geblieben. Die Ursachen der Winde sind allzuvielfach und verwickelt; denn man sieht leicht, daß jeder Umstand, der nur immer das Gleichgewicht der Luftsäulen stört, hieher gerechnet werden könne. Erwärmung und Erkältung sind freylich darunter die vornehmsten, und als solche auch von allen, die über die Theorie der Winde geschrieben haben, z. B. **Colepreß** (Philos. Trans. n. 26.), **Garden** (The causes of several winds in Phil. Trans. n. 175.), **Wargentin** (Kurze Anmerk. vom Winde, in den schwed. Abhdl. B. XXIV. v. J. 1762. S. 173 u. f.), **Strahl** (Theorie des Windes und der Kälte, in den leipziger Sammlungen zur Physik und Naturg. II B. 5 St. S. 575.) betrachtet worden. Aber schon diese Ursachen wirken auf eine überaus mannigfaltige Art, und dann giebt es ausser ihnen noch unzählbare andere, welche zur Erzeugung und Abänderung der Winde beytragen.

Musschenbroek (Introd. To. II. §. 2604 sqq.) theilt die Ursachen der unbeständigen Winde in vier Classen, je nachdem sie sich unter der Erde, auf der Erdfläche, im Luftkreise, oder endlich über demselben befinden. Von unterirdischen Winden, die aus den sogenannten **Aeolus**höhlen hervorbrechen, zeugen viele Beobachtungen. Als Ursachen derselben lassen sich ungleiche Erwärmung und Erkältung in communicirenden Gängen, Wind durch einen Fall des Wassers veranlaßt, unterirdisches Feuer, Erdbeben, Durchstreichen des äussern Winds durch Gänge unter der Erde ꝛc. angeben. Solche Winde brechen bisweilen aus dem Meergrunde hervor, und verursachen ein Wallen und Brausen des Wassers (s. Wundererscheinungen, ins Licht gesetzt von **F. Knoll**. Langensalza, 1785. 8.). Auf der Erdfläche giebt es fast unzählbare Umstände, welche die

Luft bewegen können, die Wellen des Meeres, der Fluth und groſſer Ströme, aufſteigende Dünſte, ſtarke Feuer und Exploſionen, das Schmelzen des Schnees, Fall der Körper, z. B. bey den Schneelavinen in den Alpen, Gährung und Fäulniß der Körper, durch die Menge entwickelter elaſtiſcher Materie u. ſ. w. Im Luftkreiſe iſt unſtreitig der Sitz der vornehmſten Urſachen, die Verdichtung und Verdünnung der Luft durch Kälte und Wärme, durch Aufſteigen der Dünſte und Herabfallen des Regens, durch Erweiterung und Zuſammendrückung der Wolken, die Luftelektricität, die Erkältung der Luftſäulen durch den Schatten der Wolken, und, wie Muſſchenbroeck hinzuſetzt, das Aufbrauſen verſchiedener einander begegnender Ausdünſtungen, wodurch elaſtiſche Materie erzeugt wird, endlich der Bliz, indem er die Luft aus der Stelle treibt, und andere veranlaßt, ſich in den leeren Raum zu ergieſſen. Ueber dem Luftkreiſe findet man noch Urſachen der Winde in der Anziehung der Sonne, und vornehmlich des Monds, welche auf die Luft eben ſo, wie auf das Meer, wirken. Dies iſt im kurzen eine Ueberſicht aller von Muſſchenbroeck angegebnen Urſachen.

Herr de Lüc (Neue Ideen über die Meteorol. II. Th. §. 840 u. f.) giebt als die am beſten bekannten Urſachen der regelmäßigen Winde den jährlichen und täglichen Lauf der Sonne, nebſt der Bewegung an, welche der Luft durch die Umwälzung der Erde um ihre Axe eingedrückt iſt. Dieſe leztere nemlich muß derjenigen Luft, welche vom Aequator in die nördlichern Parallelkreiſe übergeführt wird, wo die Umdrehung langſamer geſchieht, eine Richtung nach Oſten geben, weil dieſe Luft die ihr mitgetheilte ſtärkere Bewegung nach dieſer Gegend noch eine Zeitlang behält: es muß ſich dadurch der Wind, der eigentlich Süd ſeyn ſollte, in Südweſt verwandeln. Die umgekehrte Urſache verwandelt für uns die Nordwinde in Nordoſt. Da aber die Winde ſelbſt bey weitem nicht das Regelmäßige zeigen, welches dieſe Urſachen allein hervorbringen würden, ſo muß es deren noch mehrere und wirkſamere geben. Ohne Zweifel, ſagt Herr de Lüc, gehören dahin Ausdünſtung und Regen, wovon

Digitized by Google

letzterer, wenn er plötzlich entsteht, fast allezeit mit Sturm begleitet ist. Beyde hatte auch schon Herr de Sauſſure (Eſſais sur l'Hygrometrie, Eſſai IV. §. 283.) zur Erklärung gewisser Winde gebraucht, wobey er glaubte, daß theils die elastischen Dünste bey ihrer plötzlichen Verdichtung zu tropfbarem Wasser luftleere Räume veranlassen, theils der Regen selbst wieder elastischen Dunst erzeuge, und dadurch eine merkliche Ausdehnung in der Luft bewirke. Herr de Lüc zeigt aber, daß die gewöhnliche Art, Ausdünstung und Regen zu betrachten, zu Erklärung der gewaltsamen Stürme, welche so oft vor den Gewittern und Platzregen vorhergehen, nicht hinreichend sey. Er sucht vielmehr mit Wahrscheinlichkeit die wahre Ursache dieser beträchtlichen Windstöße in den plötzlichen Verwandlungen, die sich in der Atmosphäre zutragen. Wenn die Dünste, die sich durch Ausdünstung in den Luftkreis erhoben hatten, eine Zeitlang in Luftgestalt daselbst befindlich gewesen sind, so werden sie vielleicht plötzlich und mit großer Zunahme des Volumens wiederum in Wasserdunst verwandelt, und dieser verdichtet sich nun mit starker Abnahme des Volumens zu tropfbarem Wasser. Aus so schnellen und starken Veränderungen des Volumens werden die Stürme und Windstöße sehr begreiflich, welche man bey plötzlicher Bildung der Wolken und bey plötzlichen Regengüssen fast allezeit bemerkt. Und wenn nach Herrn de Lüc die Wolken nicht bestimmte bleibende Massen, sondern vorübergehende Phaenomene sind, welche alle Augenblicke zerstört und wieder erneuert werden, (s. Wolken) so erklärt sich hieraus auch die Ursache der lang anhaltenden Winde, wovon sich aus dem gewöhnlichen System, welches Ausdünstung und Regen als Auflösung und Niederschlag betrachtet, nicht so leicht Rechenschaft geben läst.

Der Nutzen, den die Winde verschaffen, ist von großer Wichtigkeit, und übersteigt bey weitem den Schaden, der bisweilen durch ihre gewaltsamern Ausbrüche entstehet. Sie haben den gröſten Einfluß auf die Temperatur, Feuchtigkeit und übrige Beschaffenheit der Luft; sie helfen durch die Bewegung ihre Mischung bilden, und ihre Verderbniß

Digitized by Google

verhüten, sie vertheilen den Regen, trocknen, kühlen, wärmen den Boden; sie treiben Maschinen, führen uns von einem Welttheile zum andern über das Meer, und geben unter allen andern noch die wahrscheinlichsten Anzeigen der bevorstehenden Witterung.

v. Muſſchenbroek Introd. ad philoſ. nat. Lugd. Bat. 1762. 4. To. II. §. 2548. ſqq.

Torb. Bergmann phyſicaliſche Beſchreibung der Erdkugel durch Röhl. Greifsw. 1780. 8. Zweyter Band. S 88 u. f.

Erxleben Anfangsgründe der Naturlehre, 4te Auflage durch Lichtenberg, §. 715 u. f.

de Lüc Neue Ideen über die Meteorologie, a. d. Frz. Berlin und Stettin, 1788. gr. 8. II. Th. §. 820 u. f.

Windbüchſe, Sclopetum pnevmaticum, *Fuſil à vent*. Ein Schießgewehr, welches ſo eingerichtet iſt, daß ſtark verdichtete Luft anſtatt des Schießpulvers eine auf gewöhnliche Art in den Lauf geladene Kugel forttreibt.

Zeit und Ort der Erfindung dieſes Gewehrs ſind unbekannt; doch führt Muſſchenbroek an, daß ſich in der Gewehrkammer eines Herrn von Schmettau in Deutſchland eine noch ſehr unvollkommene Windbüchſe mit der Jahrszahl 1474 befunden habe. Bekannter wurden dieſe Gewehre im ſiebzehnten Jahrhunderte, da man die Eigenſchaften der Luft durch Verſuche näher kennen lernte. Merſenne (Phaenomena pnevmatica, prop. 32.) führt an, ein franzöſiſcher Künſtler Namens Marin, Bürger zu Liſieux in der Normandie, habe für den König Heinrich IV. eine Windbüchſe verfertigt. Nachher ſind von deutſchen, beſonders nürnbergiſchen Künſtlern größere unter dem Namen der Windkanonen gemacht worden, welche Kugeln bis 4 Pfund ſchwer trieben, und damit in einer Entfernung von 400 Schritten ein 2 Zoll dickes Brett durchbohrten.

Das Weſentliche der Windbüchſen beſteht darinn, daß in einem ſtarken metallnen Gefäß, der Windkammer, die Luft durch eine Druckpumpe oder Compreſſionsmaſchine ungemein ſtark verdichtet wird. Dieſe Windkammer liegt an dem Schwanzſtücke des Laufs an, und wird von dieſem durch ein Ventil getrennt, welches ſo lange verſchloſſen bleibt, bis man die hineingeladene Kugel abſchießen will.

Digitized by Google

Alsdann wird das Ventil vermittelst eines kleinen Drückers, dergleichen auch sonst beym Flintenschlosse gewöhnlich ist, geöfnet; aber die ganze Einrichtung ist so gemacht, daß es nur wenige Augenblicke offen bleibt, damit nur so viel Luft herausgehe, als die Kugel fortzutreiben nöthig ist. Davon hat man die Bequemlichkeit, daß mehr Schüsse nach einander geschehen können, ohne von neuem Luft einzupumpen.

Die gemeinen Windbüchsen mit einfachem Laufe haben die Windkammer im Schafte, den man vom Laufe abschrauben und statt dessen eine Druckpumpe anschrauben kan, welche die Luft zu verdichten dienet. Um diese Verdichtung zu erleichtern und weiter zu treiben, kan man die Stempelstange der Pumpe am Fußboden des Zimmers befestigen, durch den auf die Pumpe geschraubten Schaft einen Polzen stecken, und vermittelst desselben den Schaft an einer Druckstange aufhängen, deren äusserstes Ende an der Wand des Zimmers so befestiget ist, daß es sich daselbst frey auf und ab drehen kan. Das andere Ende wird mit den Händen ergriffen, und so der Schaft mit der Pumpe wechselsweise gehoben und niedergedrückt. (s. *v. Musschenbroek* Introd. ad phil. nat. Tom. II. §. 2111. Tab. LV. Fig. 10.)

Andere Windbüchsen haben einen doppelten Lauf aus zween Cylindern, welche in einander stecken, und eine gemeinschaftliche Axe haben. Hiebey dient der Raum zwischen den beyden Läufen statt der Windkammer, und die Druckpumpe, durch welche man die Luft in demselben verdichtet, ist in dem Schafte angebracht. Die dazu gehörige Stempelstange wird da, wo sie aus dem Schafte hervoraget, mit einem Ringe versehen. Wenn die Luft eingepumpt werden soll, so steckt man durch diesen Ring einen eisernen Polzen, tritt auf denselben mit den Füßen, ergreift den Lauf mit den Händen, und bewerkstelliget auf diese Art das Einpumpen durch abwechselndes Heben und Niederdrücken des ganzen Werkzeugs.

Die Theorie der Windbüchsen handelt Karsten (Lehrbegrif der gesammt. Mathemat. 6ter Theil, Pneumatik,

Digitized by Google

Abſchnitt VIII.) ab, und findet, wenn die Luft 100mal mehr, als natürlich, verdichtet, die Länge des Laufs 4 Fuß, der Durchmeſſer der Kugel $\frac{1}{8}$ Zoll, die Länge des Raums, der anfangs die verdichtete Luft enthält, 2 Zoll iſt, ſo werde die Bleykugel mit einer Geſchwindigkeit von 654 pariſer Fuß in einer Secunde aus dem Laufe getrieben, welche Angabe aber wegen des Gegendrucks und Widerſtands der Atmoſphäre auf 628 Fuß herabzuſetzen iſt.

Nollet (Leçons de phyſ. exper. To. III. Leç. X. Sect. I. Cap. 7.) erklärt die Windbüchſe für ein bloßes Spielwerk, weil ſie nicht ſo bequem, ſo ſicher zum Gebrauch und ſo dauerhaft, als anderes Schießgewehr ſey; auch tadelt er ſie, wegen ihrer Wirkung im Stillen, als ein gefährliches Werkzeug. Dieſer letzte Grund betrift blos den Mißbrauch der Sache, und in Abſicht des erſten hängt alles von der Geſchicklichkeit des Künſtlers ab. Man erwartet von Windbüchſen nicht völlig gleiche Wirkung mit andern Gewehren, und ſo iſt es immer Vortheil genug, wenn ſie dienen, ſchädliche Thiere an Orten zu tödten, wo man wegen Feuersgefahr Pulvergeſchütz zu brauchen Bedenken trägt.

v. Muſſchenbroek, Introd. ad philoſ. nat. To. II. §. 2111 ſqq.

Karſten Lehrbegrif der geſamten Math. a. a. O. §. 152. 153.

Winde ſ. **Rad an der Welle.**

Windkugel, Dampfkugel, Aeolipile, Aeolipila, *Eolipile.* Ein hohles metallnes Gefäß in Geſtalt einer Kugel oder Birne, woran ſich eine lange, bisweilen umgebogne, Röhre oder Schnabel mit einer engen Oefnung befindet. Wenn man etwas Waſſer in dieſem hohlen Gefäße über Kohlen bringt, und bis zum Kochen erhitzt, ſo dringt der daraus entſtandne Dampf aus der engen Oefnung des Schnabels hervor, und verurſacht einen ſehr lebhaften und anhaltenden Wind.

Dieſe Windkugeln waren ſchon bey den Alten bekannt. **Vitruv** (De architectura L. I. c. 6.) führt ſie an, um aus ihnen den Urſprung der Winde zu erklären, zu welcher Abſicht ſie auch **Descartes** (Meteor. Cap. IV. §. 3.) gebraucht.

Digitized by Google

Daß dieſe Erklärung nicht paſſend ſey, fällt leicht in die Augen. Der Wind der Aeolipile entſteht dadurch, daß der aus dem Waſſer gebildete elaſtiſche Dampf durch eine ſehr enge Oefnung, alſo mit großer Geſchwindigkeit, auszugehen genöthiget wird. Im Luftkreiſe aber kan man ſich weder eine ſo heftige Verdampfung des Waſſers durch die Hitze, noch eine ähnliche Sperrung der erzeugten Dämpfe, gedenken.

Wolf (Nützl. Verſ. Th. I. Cap. 7.) hat von den Wind- oder Dampfkugeln ausführlich gehandelt. Die ſeinige war eine kupferne Kugel von 37 Linien Durchmeſſer; ihre Röhre hatte an der Kugel $5\frac{1}{2}$ Lin., an der Oefnung kaum $\frac{1}{2}$ Lin. Durchmeſſer, ſo daß man nur mit einer ſehr dünnen Stecknadel hineinkommen konnte. Um Waſſer in eine ſolche Kugel zu bringen, muß man ſie leer auf Kohlen legen, und durch die Hitze einen Theil Luft heraustreiben; nachher aber die Oefnung der Röhre ins Waſſer ſtecken, und die Kugel erkalten laſſen, wobey der Druck der Atmoſphäre ſtatt der herausgegangnen Luft Waſſer hineintreibt. Man kan auch die ganze Kugel, mit der Oefnung der Röhre in ein Gefäß mit Waſſer geſteckt, unter die Glocke einer Luftpumpe bringen, und die Luft ausziehen, wodurch ſich die Luft in der Kugel ebenfalls ausdehnt, und zum Theil herausgeht, ſo daß an ihrer Stelle Waſſer hineintritt, wenn man die äuſſere Luft wieder unter die Glocke läſt. Sonſt hat man auch Windkugeln, von denen ſich das Rohr abſchrauben läſt, und die man unmittelbar ohne alle Mühe füllen kan.

Die Verſuche mit der Windkugel lehren uns die Beſchaffenheit der Dämpfe ſehr deutlich kennen. Dieſe Dämpfe ſind in dem Zuſtande, in welchem ſie aus der Oefnung hervordringen, der Luft ganz ähnlich, und wenn man ſie in einem Gefäße auffängt, deſſen Temperatur die Siedhitze erreicht oder noch übertrift, ſo bleiben ſie darin völlig durchſichtig und elaſtiſch, und zeigen überhaupt alle mechaniſchen Eigenſchaften der Luft. So bald ſie hingegen mit der kältern Luft der Atmoſphäre in Berührung kommen, verdichten ſie ſich zu einem ſichtbaren Nebel, der ſich, wie

Digitized by Google

der Hauch in kalter Luft, bald wieder zerstreut und mit der Atmosphäre vermischt. An den Oberflächen kalter Körper verdichten sie sich zu einer tropfbaren Flüßigkeit, und geben die Materie wieder, aus der sie entstanden waren, s. **Dämpfe.**

Man hat also diese Dämpfe von der Luft selbst, welche durch die Kälte nicht verdichtet wird, zu unterscheiden. Ehedem glaubte man zwar, durch die Windkugel eine wahre Transelementation oder Verwandlung des Wassers in Luft zu bewirken; aber **Wolf** widerlegte schon diese irrige Meinung durch den Versuch mit Weingeist, worinn Kampher aufgelöset war. Die Dämpfe desselben verdichteten sich in kälterer Luft wieder zu eben demselben Weingeist mit Beybehaltung des Kamphergeruchs. Der ganze Dampfstral ließ sich entzünden, wenn man ihn durch die Flamme eines Lichts führte, wobey er aber den Dacht nicht treffen durfte, weil er sonst das Licht ausblies.

Wenn die Röhre der Aeolipile mit ihrem Ende in die Höhe gebogen, und die Kugel auf Kohlen so gelegt wird, daß das Wasser im untern Theile stets vor dem Ausgange liegt, so kan man sie, wie den Heronsball, zum Springbrunnen einrichten. Mit wohlriechenden Wassern gefüllt, verbreitet sie den Geruch derselben durch sehr weite Räume. Auch kan man sie statt eines Blas- oder Löthrohrs gebrauchen, indem man den aus der Oefnung hervorgehenden Wind auf die Flamme einer Lampe leitet, und selbiger dadurch die erforderliche Richtung giebt.

Wolf Nützliche Versuche zu genauer Erkenntniß der Natur und Kunst. Halle, 1721. 8. Th. I. Cap. 7.

Sigaud de la Fond Dict. de physique. Art. *Eolipile.*

Windmesser, Anemometer; Anemometrum, *Anemometre.* Diesen Namen führen die Werkzeuge, welche bestimmt sind, die Stärke und Geschwindigkeit des Windes anzugeben. Dagegen heißen diejenigen, welche blos die Richtung des Windes zeigen, **Anemoskope, Plagoskope, Windzeiger**, obgleich diese Namen häufig verwechselt werden, s. **Anemoskop.** Was die eigentlichen Anemometer betrift, so könnte ich in diesem Artikel eine Menge hiezu vorgeschlagner Einrichtungen, zum Theil

mit sehr zusammengesetzten Zeichnungen, aufstellen. Ich halte aber für besser, alle Weitläuftigkeit zu vermeiden, da nach dem einstimmigen Urtheile der Kenner kein einziger dieser Vorschläge seine Absicht erfüllet. Aus diesem Grunde hat auch die meteorologische Societät zu Manheim ihre Beobachtungen des Windes blos auf Windzeiger, mit gänzlicher Vermeidung der Windmesser, eingeschränkt.

Die Vorschläge zu Abmessung der Stärke und Geschwindigkeit des Windes lassen sich auf zwo Classen bringen, deren erste eine Maschine durch Windflügel umtreiben läst, die zweyte aber weit einfacher den Windstoß mit einer ebnen Fläche auffängt, um seine Kraft und Geschwindigkeit aus dem Winkel zu bestimmen, um welchen diese Fläche gehoben oder aus der verticalen Lage gebracht wird.

Zur ersten Classe gehört das vom Herrn von Wolf (Elem. Mathes. universae To. II. Aerometr. §. 182. p. 405.) vorgeschlagne Anemometer, welches auch beym Leupold (Theatr. Machin. generale §. 347 u. f. S. 141 u. f., ingl. Theatr. Aerostat. Cap. X. p. 301 u. f.) nebst verschiedenen andern Einrichtungen beschrieben wird. Es besteht aus einer Welle mit vier kleinen Windflügeln. Diese Welle ist mit einigen Schraubengängen versehen, welche als Schraube ohne Ende in ein Stirnrad eingreifen. Mit der Axe dieses Stirnrads ist rechtwinklicht der Arm eines Hebels verbunden, und an dem Ende desselben ein Gewicht angebracht. Bey völliger Windstille steht dieser Arm lothrecht herabwärts; beym Umlaufe des Flügels aber wird er mit der Axe des Rads umgedreht, und das Gewicht gehoben. Weil nun dadurch auch das Moment des Gewichts wächst, so kan es jeder Windstoß nur auf eine gewisse Höhe heben. Hier aber bleibt es stehen, wenn die Stärke des Winds nachläßt, weil das Stirnrad die Schraube ohne Ende nicht zurückdrehen kan. Kömmt in der Folge ein stärkerer Stoß, so dreht dieser das Rad noch ein wenig fort, und hebt dadurch den Hebel mit dem Gewichte noch etwas weiter. Am Ende zeigt also dieses Werkzeug die Wirkung des stärksten Windstoßes an, der während der Zeit seiner Aussetzung an den Wind die Flügel getroffen hat. Die

eigentliche Stärke und Geschwindigkeit desselben müste dann erst aus der Einrichtung der Maschine berechnet werden, wozu aber die Theorie des Windstoßes auf Flügel noch viel zu unsicher ist. Ueberdies wird man doch auch wünschen, etwas mehr als den stärksten Stoß, z. B. die mittlere Geschwindigkeit des Windes auf eine oder etliche Stunden u. d. gl. zu erfahren, welche dieses Instrument nicht angiebt.

Sonst würde man bey diesem Werkzeuge statt des Hebels mit dem Gewichte weit einfacher eine Welle mit einer konischen Spindel anbringen, und darauf eine Schnur mit einem Gewichte so aufwickeln können, daß die Gänge nach und nach weiter würden, und der Wind die Welle nur so lang umtriebe, bis das Moment des Gewichts dem Momente des Windstoßes gleich wäre.

Wenn man eine kleine mit Windflügeln versehene Maschine so einrichtet, daß ein ganz mäßiger Wind das Rad schon zum Laufen bringt, und daß sich die Umläufe des Rads leicht zählen lassen, oder sich auch von selbst durch einen Zeiger zählen, so giebt diese Vorrichtung die Veränderung der Geschwindigkeit an, weil das Rad bey schnellerm Winde in gleicher Zeit mehr Umläufe macht. So ist das Anemometer des Ons-en-bray (Mém. de l'acad. des sc. de Paris, 1734. p. 123.) eingerichtet, das aber durch viele angebrachte Künsteleyen äusserst zusammengesetzt wird. Es zeigt nicht allein die Richtung und Geschwindigkeit des Windes durch die Anzahl der Umläufe, sondern bemerkt auch dieselbe in Abwesenheit des Beobachters auf einem Papiere, auf dem man nach 24 Stunden sieht, was für Winde, und in welchen Stunden sie gewehet haben, auch wie sich ihre Geschwindigkeit geändert hat. Die ganze Maschine steht im Zimmer, und wird durch ein auf dem Dache befindliches horizontales Windrad gedreht. Die Erfindung eines solchen Windmessers scheint aber nicht ursprünglich französisch zu seyn, da schon Leupolds im Jahre 1724 gedrucktes Werk (Theatr. mach. gen. §. 315.) eines ähnlichen Werkzeugs erwähnt, welches der Hofjuwelirer Dinglinger in Dresden in seinem Hause habe errichten

Digitized by Google

lassen. Auch giebt Leupold im Theatro aërostatico schon mehrere Einrichtungen an, welche die Veränderungen des Windes selbst aufzeichnen.

Schober (Versuche über die Stärke des Windstoßes im Hamburg. Magazin IX. Band, 2 u. 3 Stück) bediente sich einer kleinen Maschine mit Windflügeln, an die eine Glocke so angebracht war, daß sie jede sechs Umläufe des Rads durch einen Schlag anzeigte. So konnte er durch Zählung der Schläge in einer Minute die mittlere Umlaufsgeschwindigkeit der Flügel erfahren. Um daraus auf die Geschwindigkeit des Windes zu schließen, wäre es am bequemsten, die Einrichtung so zu machen, daß der Schwerpunkt der Flügel eben so geschwind im Kreise umlaufen müste, als der Wind selbst fortgeht. Hierauf gehen eigentlich Schobers Versuche, und er glaubt gefunden zu haben, daß man diese Absicht erreiche, wenn die Stellung der Flügel mit der Umlaufsaxe einen Winkel von 52° macht.

Weit einfacher sind die Anemometer der zweyten Classe, wovon das erste, so viel mir bekannt ist, in den englischen Transactionen (Num. 24. p. 444.) ohne Benennung des Erfinders vorkömmt. Taf. XXVII. Fig. 83. stellt dessen Einrichtung dar, die aus dem bloßen Anblicke deutlich seyn wird. Weil sich doch die Fläche, die der Wind heben soll, seiner Richtung allemal gerade entgegen kehren muß, so hat man nachher am obern Theile der Spindel eine überwiegend große Wetterfahne angebracht, die der Wind selbst herumwendet, und dadurch dem ganzen Instrumente die gehörige Stellung giebt. Ein solches Werkzeug giebt durch den Grad, auf welchen es gehoben wird, die Stärke des Windes für diesen Augenblick an, und muß entweder sogleich beobachtet, oder durch einen Sperrhaken, der es nicht wieder zurückfallen läst, an der höchsten Stelle fest gehalten werden. Im letztern Falle kan ein folgender Windstoß die Fläche noch höher heben; nnd es zeigt also am Ende blos die Wirkung des stärksten Stoßes an, von dem es während der Zeit seiner Aussetzung an den Wind ist betroffen worden.

Herr von Dalberg (Anemometre proposé aux amateurs de meteorologie, à Erfurt, 1781.) schlägt anstatt

der Fig. 83. vorgestellten Fläche einen großen Schirm von Eisenblech vor, der durch die Fahne dem Winde immer gerade entgegen gehalten wird. Dieser Schirm bewegt sich unten in Angeln, und oben wird er durch einen Drath, der über eine an der Spindel befindliche Rolle hinunter in das Zimmer des Beobachters geht, und ein Gewicht trägt, gegen die Spindel zurückgehalten. Sobald ein Windstoß kömmt, tritt der Schirm nach Verhältniß der Stärke des Stoßes weiter oder weniger aus der vertikalen Stellung, und hebt dadurch das Gewicht im Zimmer. Dieses Gewicht befindet sich an einem Hebel, durch dessen eigne Einrichtung die Stärke des Windstoßes angegeben wird; auch kan zu gleichem Endzweck eine Wage mit einer Spiralfeder angebracht werden. Dieser Windmesser ist zugleich mit einem Windzeiger und einer Vorrichtung zu Bestimmung der Neigung des Windes gegen den Horizont verbunden, welche beyde im Zimmer beobachtet werden können.

Herr Oertel (s. Gothaisches Magazin für das Neuste aus der Physik u. Naturg. VI. B. 1 St. S. 89 u. f.) giebt zur Einrichtung eines solchen Windmessers, der sich mit andern nach ähnlichen Grundsätzen verfertigten vergleichen ließe, einige sinnreiche Ideen an. Taf. XXVII. Fig. 84. sitzt die Fahne A auf der stählernen konischen Spitze des eisernen Stabes C innerhalb des Rohrs B, das oben bey a mit einer dichten Platte von gegossnem Zinn und Kupfer geschlossen ist. Unter der Fahne ist an das Rohr B ein horizontaler Stab befestiget, der mit zwey Lappen b und c von eben dieser Composition versehen ist, in welchen sich die Horizontalfahne D mit konischen Spitzen ohne viele Friction auf und ab bewegen kan. Diese Angelpunkte b und c müssen durch ein leichtes Blech vor dem Regen geschützt werden. Weiter unten wird ein Quadrant von Messing angebracht, der um den Mittelpunkt der Linie bc beschrieben ist, und bey d durch ein Loch in der Fahne geräumig durchgeht. Jeder Grad dieses Quadranten formirt einen Einschnitt, worein ein an der innern Seite der Fahne D befindlicher Sperrkegel fallen, und sie unter jedem Winkel, den ihr die

Digitized by Google

Stärke des Windes giebt, festhalten muß. Da dieser Sperrkegel nur eine sanfte Feder nöthig hat, so kömmt die geringe Friction, die er macht, kaum in Anschlag. So bleibt nun die Horizontalfahne unter dem Winkel, den ihr der stärkste Windstoß gegeben hat, so lange stehen, bis sie der Beobachter durch Aushebung des Sperrkegels wieder in die verticale Lage bringt. Um nun solchen Werkzeugen eine durchgängige Gleichförmigkeit zu geben, schlägt Herr Oertel vor, man solle sich über das Gewicht der Fahne, und über die Kräfte, welche nöthig sind, sie in der ersten senkrechten Richtung zu bewegen, und in der größten möglichen Höhe zu erhalten, als über allgemein bestimmte Normalgewichte, vergleichen. Er zeigt dann noch Mittel, der Fahne vermittelst eines Gegengewichts f dieses Normalgewicht genau zu geben, und durch eine ähnliche Vorrichtung den Winkel des Windes mit der Horizontalfläche zu messen.

Herr Hofrath Kästner (Gothaisches Magaz. VI B. 3 St. S. 84 u. f.) giebt diesen Ideen allen Beyfall, erinnert aber, daß es wohl besser seyn möchte, statt der vorgeschlagnen Normalgrößen, das Gewicht, das der Wind an jedem Werkzeuge dieser Art wirklich erhält, jedesmal durch Rechnung zu bestimmen, wozu er folgende sehr bequeme Formeln mittheilt. Taf. XXVII. Fig. 85. sey BC die Stange, AE ein Durchschnitt der Horizontalfahne, oder des Blechs; dessen Schwerpunkt in F, sein Gewicht $= Q$; der Winkel CAE, auf den es der Wind hebt $= \zeta$; so wird sich das im Schwerpunkte nach FH treibende Gewicht Q in zwo Kräfte zerlegen lassen, eine nach FE, welche durch die Festigkeit der Stange und des Blechs aufgehalten wird, die andere nach FK, welche das Blech um A zu drehen strebt. Diese letztere wird vom Winde erhalten, und ist $= Q . \sin \zeta$. Will man nun die Stärke des Windes nach dieser Kraft vergleichen, so wird ein Windstoß, der das Blech vom Gewichte Q um den Winkel ζ erhob, ein anderes vom Gewichte R um den Winkel η erheben, dessen Sinus $= \frac{Q . \sin \zeta}{R}$ ist. Sobald dieser Werth $= 1$ wird,

bringt der Wind das Blech in eine völlig horizontale Lage, und wenn er > 1 wird, so hebt er es noch höher, trift nun seine andere Seite, stößt es also wieder herab, so daß es flattert. Hätte man z. B. gefunden, ein sehr schwacher Wind höbe ein Blech von 1 Pfund auf 30°, wobey Q. sin ζ = ½ wäre, so dürfte man keines von ½ Pfund nehmen, weil dieses von einem nur wenig stärkern Winde flattern würde.

Um aber die Geschwindigkeit des Windes zu finden, muß die Theorie des schiefen Stoßes zu Hülfe genommen werden, nach welcher der Stoß auf die Eone b unter dem Winkel α, wenn die Dichte der flüßigen Materie = n, und die der Geschwindigkeit zugehörige Höhe = h gesetzt wird, = 2λnbh. sin α² ist, s. Wind. Wenn nun der Wind nach IF auf die Fläche AE unter dem Winkel AFI = 90° − ζ so stark stößt, daß dadurch nach der Richtung KF das Gewicht Q. sin ζ erhalten wird, so hat man

$$Q.\sin\zeta = 2\lambda nbh.\cos.\zeta^2$$

und daraus $h = \frac{Q.\sin\zeta}{2\lambda nb.\cos\zeta^2}$, wo 2λ nach Newtons Sätzen = 1, nach andern = 2 anzunehmen wäre. Es halte z. B. das Blech in der Fläche 1 Quadratfuß, und wiege 1 Pfund. Die Dichte der Luft, oder nach den hier angenommenen Einheiten das Gewicht eines Cubikfußes derselben sey = $\frac{7}{850}$ Pfund; das Blech werde um 30° gehoben, daß also sin ζ = ½; cos. ζ² = ¾ ist, so wird (nach Newton 2λ = 1 gesetzt) $h = (1.\frac{1}{2}) : (\frac{7}{850}.1.\frac{3}{4}) = \frac{1}{2}\frac{6}{1}\frac{0}{0} = 7\frac{1}{2}\frac{3}{1}$ Fuß seyn, wofür sich die zugehörige Geschwindigkeit $c = 2\sqrt{gh}$ = 21, 82 Fuß in einer Secunde findet. Nähme man 2λ = 2, so würde h doppelt so groß, und c = 15, 429 Fuß in 1 Secunde gefunden. Endlich ist die Stärke des Stoßes, den der beobachtete Wind nach der Richtung IF auf eine ihm senkrecht entgegengestellte Fläche von gleicher Größe mit AE ausüben würde, $= \frac{Q.\sin\zeta}{\sin.AFI^2} = \frac{Q.\tan\zeta}{\cos.\zeta}$. Herr K. glaubt, diese Rechnungen könnten dienen, Herrn Oertels Vorschlag leichter in Ausübung zu bringen, zumal

Digitized by Google

wenn man nichts weiter, als die Stärke des Stoßes, nicht die Geſchwindigkeit verlange.

Mit einem ſolchen Windmeſſer, der aus einer vom Winde gehobnen Platte beſteht, verbindet Herr M. Herrmann (Mechaniſcher verbeſſerter Wind- Regen- und Trockenheitsbeobachter. Freyberg und Annaberg, 1789. 8.) eine Vorrichtung, durch welche ſelbſt in Abweſenheit des Beobachters vermittelſt einiger in gewiſſe Fächer geworfener Würfel vier und zwanzig Stunden lang von Zeit zu Zeit die Stärke des Windes nach 4 verſchiedenen Graden bemerkt wird. Alle Viertelſtunden z. B. fällt ein Würfel aus, und legt ſich in dasjenige Fach, welches der Wind ſeiner verſchiedenen Stärke nach gerade in dieſem Augenblicke vor die Oeſnung bringt. Auf dem Würfel iſt die Viertelſtunde, um welche er herausfiel, bemerkt u. ſ. w. Man ſieht leicht, daß dadurch nur diejenigen Windſtöße bemerkt werden, die zufälliger Weiſe gerade mit dem Ende jeder Viertelſtunde zuſammentreffen.

Bouguer (Manoeuvre des vaiſſeaux, p. 151.) beſchreibt eine Art Windmeſſer, welche noch immer eine der beſten bleibt (ſ. auch *Nollet* Art des exper. To. III. p. 62.). Ein Blech von 1 Quadratfuß Fläche wird dem Winde ſenkrecht entgegengehalten. Dieſer treibt es mit einem mitten daran befeſtigten Stiele in eine Art von Futteral hinein, an deſſen Boden eine Spiralfeder entgegendrückt. Ein ſtärkerer Wind treibt alſo den Stiel tiefer hinein, als ein ſchwächerer, und durch einen Sperrkegel wird der Stiel feſtgehalten, ſo daß er nicht wieder zurück kan. So kan man ſehen, wie tief ihn der Wind hineingetrieben hat, und verſuchen, wieviel man Gewicht braucht, ihn eben ſo weit hineinzutreiben.

Eine ganz neue Art von Windmeſſer beſchreibt Herr Woltmann (Theorie und Gebrauch des Hydrometriſchen Flügels oder zuverläſsige Methode, die Geſchwindigkeit der Winde und ſtrömenden Gewäſſer zu beobachten. Hamburg, 1790. 4.).

Man hat auch den Einfall gehabt, die Stärke des Windes durch den Ton von Pfeiffen oder Saiten zu bemer-

Digitized by Google

ken. **Leupold** (Theatr. Aeroſtat. Cap. 10. §. 122. 131.) beſchreibt eine ſolche Windpfeiffe, welche bey ſtärkerm Winde einen höhern Ton angiebt. **Kircher** hat ſchon in ſeiner Muſurgie und Phonurgie mehr dergleichen Inſtrumente beſchrieben, welche tönen, wenn man ſie dem Winde oder Luftzuge ausſetzt, unter andern eine Art von Laute mit 15 Darmſaiten bezogen, welche an einem Orte, wo die Luft ſtark durchſtreicht, frey aufgehangen, nach der verſchiedenen Stärke des Luftzugs ſtärker oder ſchwächer klingt. So geben die Saiten einer Baßgeige, und ſogar Seile, die man in freyer Luft ausſpannt, vom Winde einen Ton, deſſen Stärke ſich nach der Stärke des Windes, die Höhe aber nach der Spannung der Saite oder des Seils richtet. Daß dieſes aber bloße Spielwerke ſind, fällt leicht in die Augen.

Windroſe, Schifsroſe, Roſa nautarum, *Roſe de vent*, *Cadran des vents*. Dieſen Namen giebt man dem Taf. XXVI. Fig. 77. verzeichneten Sterne von 8, 16 oder 32 gleich langen Spitzen, welche den Umfang des Kreiſes, in dem ſie ſich endigen, in eben ſo viel gleiche Theile theilen, und durch ihre Richtung die Lage der Weltgegenden bezeichnen, ſ. **Weltgegenden**. Gewöhnlich wird diejenige Spitze des Sterns, welche den Nordpunkt angeben ſoll, durch eine Lilie oder ein anderes Merkmal unterſchieden, zu jeder der übrigen aber der Name der zugehörigen Weltgegend geſetzt. Wenn alsdann die nördliche Spitze, auf einer Mittagslinie, oder mit Hülfe der Magnetnadel u. ſ. w. nach dem wahren Mitternachtspunkte gekehrt wird, ſo zeigen die übrigen Spitzen oder Lineale, die man mit ihnen parallel legt, nach den beygeſchriebenen Weltgegenden, und geben ein Mittel, jede derſelben leicht zu finden.

Bey den Bouſſolen, welche auf dem Lande gebraucht werden, wird die Windroſe auf die innere Grundfläche des Gehäuſes gezeichnet, und die Magnetnadel auf einen im Mittelpunkte ſtehenden ſenkrechten Stift darüber geſetzt. Am Seecompaß aber beſteht die Windroſe aus zwo runden Scheiben von Pappendeckel, zwiſchen welche die Magnetnadel ſo eingelegt wird, daß ihr Nordpol mit dem Nordpunkte der Roſe übereinſtimmt. Die ganze Scheibe be-

Digitized by Google

kömmt in der Mitte ein Hütchen, mit welchem sie auf einem Stifte im Boden des Gehäuses frey aufliegt. So zeigt sie durch ihre Richtung die magnetischen Weltgegenden, welche von den wahren um die Abweichung der Magnetnadel unterschieden sind, s. Compaß.

Auch auf die Land- und Seekarten werden Windrosen gezeichnet, deren nördliche Spitzen sich nach der Richtung der Mittagslinie auf die Gegend des Nordpols zu kehren. Auf den Seekarten, welche die Meridiane als gerade und parallele Linien darstellen, lassen sich überall Windrosen anbringen, deren gleichnamige Spitzen alle mit einander parallel laufen. Man verlängert die Linien dieser Spitzen über den ganzen Raum der Karte, und erhält dadurch die Bequemlichkeit, daß man überall gleich sehen kan, mit welcher von denselben die Linie zwischen jeden zween Orten parallel läuft, d. i. nach welcher Weltgegend man den Lauf des Schiffes richten muß, um von einem Orte an den andern zu kommen, s. Rhumb, Loxodromie.

Winkel, optischer, s. Sehewinkel.

Winkelgeschwindigkeit, s. Geschwindigkeit.

Winkelhebel, gebrochner Hebel, Vectis angularis, *Levier brisé*. Ein Hebel ACB Taf. XXVII. Fig. 86, dessen beyde Arme AC und BC nicht in einerley gerader Linie liegen, sondern die Schenkel eines Winkels bilden, in dessen Scheitel C der Ruhepunkt ist.

Wenn an den Armen dieses Hebels CA, CB, in der Ebne des Winkels ACB die Kräfte P, Q auf die Arme senkrecht ziehen, so denke man sich aus dem Scheitel C, mit dem kürzern Arme CA als Halbmesser, den Kreis AaA beschrieben, und den Arm BC durch denselben bis a verlängert. Man setze in a ziehe eine Kraft p=P ebenfalls senkrecht auf Ca, so üben P und p gleiche Gewalt aus, die Scheibe AaA um ihren Mittelpunkt zu drehen. Soll diese Umdrehung durch Q gerade verhindert werden, oder soll Q mit p im Gleichgewichte seyn, so muß sich Q : p = Ca : CB verhalten, s. Hebel. Daher, und weil p=P, Ca=CA, ist auch Q mit P im Gleichgewichte, wenn Q:P=CA:CB,

Digitized by Google

oder wenn sich die Kräfte umgekehrt, wie die Längen der Arme, verhalten.

Ziehen aber die Kräfte schief an den Armen des Hebels, wie P, Q, Fig. 87, so fälle man auf ihre Richtungen aus C die Perpendikel CD, CE. Die Kraft P bemüht sich eben so stark, die ganze Ebne ACB um C zu drehen, als dies eine gleiche in D nach der Richtung DP angebrachte Kraft auch thun würde. Ingleichen strebt die Kraft Q in B vollkommen, so die Ebne um C nach BQ zu drehen, wie eine gleiche Kraft thun würde, die in E nach EQ zöge. Sollten aber die Kräfte in D und E im Gleichgewichte seyn, so müsten sie sich nach dem vorigen umgekehrt, wie die Arme des Hebels DCE, d. i. wie CE : CD verhalten. Daraus folgt, daß sich auch P und Q, wenn sie im Gleichgewichte seyn sollen, wie CE : CD, oder umgekehrt, wie die aus dem Ruhepunkte auf ihre Richtungen gefällten Perpendikel, verhalten müssen. Diese Perpendikel, welche in Fig. 86. mit den Armen des Hebels selbst übereinkommen, führen in den mechanischen Wissenschaften den Namen der Entfernung vom Ruhepunkte, s. **Entfernung** (Th. I. S. 849). Daher gilt das Gesetz des Hebels, daß **sich die Kräfte im Gleichgewichte umgekehrt, wie ihre Entfernungen vom Ruhepunkte, verhalten**, s. **Hebel** (Th. II. S. 570) auch am Winkelhebel.

Da die Punkte A und B, Fig. 87. einerley leiden, in welchem Punkte der Linien PM, QM auch die Kräfte P und Q angebracht seyn mögen, so stelle man sich vor, sie seyen in M angebracht, wo beyde verlängerte Richtungen einander schneiden. Wenn sich nun die ganze Ebne AMB nicht anders, als um den Punkt C drehen kan, so muß dieser Punkt durch die vereinigte Wirkung beyder Kräfte in M nach MC getrieben werden. Dieses MC bleibt also auch die Richtung, nach welcher der Ruhepunkt C gedrückt wird, wenn auch gleich die Kräfte in A, B, oder andern Punkten der Linien MA, MB angebracht sind; d. h. MC ist die **mittlere Richtung**, nach welcher die Kräfte P, Q den Punkt C drücken.

Zieht man die Linien CT, CV mit MB, MA parallel, so ist CTD = TMB = CVB; daher sind wegen der rech-

Digitized by Google

ten Winkel bey D und E die Dreyecke CDF und CEV ähnlich. Mithin verhalten sich die Linien CT und CV, oder die gleichen MV und MT, wie CD:CE, d. i. wie die im Gleichgewichte stehenden Kräfte Q und P. Wenn man also auf den Richtungen der Kräfte von dem Punkte M an, wo sie einander schneiden, zwo Linien MT, MV nimmt, die sich, wie die Kräfte P, Q, verhalten, und das Parallelogramm MTCV unter diesen Linien ergänzt, so ist dessen Diagonale MC die mittlere Richtung.

Diese Sätze, deren Beweis ich hier aus Herrn Kästners Mechanik entlehnt habe, stehen mit der Lehre von Zusammensetzung der Kräfte in der genauesten Verbindung. Man darf nur noch erweisen, daß die Kraft, mit welcher C gedrückt wird, der Linie MC proportional sey, um diese ganze Lehre aus der Theorie des Winkelhebels hergeleitet zu haben. Man hat alsdann auch Stevins Satz vom Gleichgewichte dreyer Kräfte, s. Gleichgewicht, indem die Kräfte P, Q und der Gegendruck der Unterlage C, wenn sie im Gleichgewichte sind, sich wie die drey Seiten des Dreyecks TMC oder VCM verhalten, denen ihre drey Richtungen parallel sind.

Nimmt man also Stevins Satz, oder auch die Lehre von Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte, als schon vorher erwiesen an, so läst sich daraus umgekehrt die Theorie des Hebels herleiten und erweisen. So verfährt Newton (Princip. L. I. Axiom. seu Leges motus, Coroll. 2. ed. *Jacquier et Le Sueur* p. 26). Um zu zeigen, wie sich am ungleicharmichten Hebel KOL, Taf. XXVII. Fig. 88, die Gewichte A und P im Gleichgewichte verhalten müssen, nimmt er OD gleich dem längern Arme OL, weil das Gewicht A auf die Umdrehung der Ebne DKO um O gleich stark wirkt, es mag nun bey K oder bey D angebracht seyn. Es kömmt also darauf an, wie sich am gleicharmichten Winkelhebel DOL die Kräfte A und P verhalten müssen. Nun werde die Kraft A durch die Linie DA vorgestellt, so läst sie sich in DC und CA zerlegen, wovon jenes auf DO senkrecht, dieses mit DO parallel ist. Auf die Umdrehung des Winkelhebels DOL aber wirkt nur der Theil DC; der andere CA wird durch die Festigkeit des Punkts O aufgehoben.

Digitized by Google

Weil nun der Winkelhebel gleicharmicht ist, also fürs Gleichgewicht die nach DC wirkende Kraft dem Gewichte P gleich seyn muß, so folgt, daß alles in Ruhe sey, wenn AD:DC=A:P ist. Nun ist wegen der ähnlichen Dreyecke DCA und OKD, AD:DC=OD:OK, und OD = OL; daher fürs Gleichgewicht am geradlinigten Hebel KOL, A:P=OL:OK.

Man sahe sonst diese Art, das Gesetz des Hebels zu erweisen, als die schärfste unter allen übrigen an. Es läst sich aber mit Grund dagegen erinnern, daß man hier den geradlinichten Hebel, um seine Eigenschaften zu erweisen, erst in einen Winkelhebel, d. h. das einfachere in etwas zusammengesetzteres, verwandeln muß, welches wider die Regeln einer guten Methode streitet, und daß überdies die Lehre von Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte, wenn sie gehörig erwiesen werden soll, erst auf die Theorie des Hebels selbst muß gegründet werden. Daher ist der Kästnerische Beweis, welcher beym Worte Hebel vorkömmt, und hier auch auf den Winkelhebel erstreckt wird, allerdings weit vorzüglicher.

Varignon baut seinen Beweis der Theorie des Hebels ebenfalls auf die Zusammensetzung der Kräfte, indem er P und Q, Fig. 87, oder MT und MV zusammen als eine einzige Kraft MC betrachtet, welche durch den Ruhepunkt geht. Wenn aber hiebey, wie in den gewöhnlichsten und einfachsten Fällen, die Richtungen AP und BQ parallel sind, so giebt es keinen Durchschnittspunkt M, außer im Unendlichen, und so entstehen wiederum die meisten Schwierigkeiten gerade bey dem einfachsten Falle. D'Alembert (Traité de dynamique. à Paris, 1743. 4.) leitet das Gesetz des Winkelhebels sehr glücklich aus dem Gleichgewichte zwoer gleichen und gerade entgegengesetzten Kräfte her; aber auch hier verschwinden diese Kräfte bey der Anwendung auf den geradlinichten Hebel, und die Folge aus dem allgemeinen Satze läst sich nur auf eine indirecte und sehr gezwungene Weise ziehen. Man kan daher sagen, daß sich vor Herrn Kästners Bemühungen um diese

lehre die Gesetze des Winkelhebels leichter, als die des geradlinichten, haben erweisen lassen.

Kästner Anfangsgr. der Mechanik. Dritte Aufl. Göttingen, 1780. 8. §. 55 u. f.

Newtoni Philos. nat. principia mathem. L. I. Axiom. 5. leg. motus. Coroll. II.

Brisson Dict. raisonn. de Physique. Art. *Balance*.

Winter, Hiems, *Hiver*. Eine der vier Jahrszeiten, welche zwischen Herbst und Frühling fällt, vom kürzesten Tage, an welchem die Sonne die geringste Mittagshöhe hat, ihren Anfang nimmt, und sich mit dem Tage der Frühlingsnachtgleiche endigt. Der Eintritt der Sonne in den Steinbock bestimmt in unsern Ländern den Anfang, und der in den Widder das Ende des Winters, welcher also bey uns um den 21 Dec. anfängt, und um den 21 März aufhört, s. **Ekliptik**.

In der südlichen gemäßigten Zone steht die Sonne im Mittage am niedrigsten, und der Tag ist am kürzesten, um die Zeit ihres Eintritts in den Krebs. Hier fängt also der Winter mit dem kürzesten Tage am 21 Jun. an, und endigt sich mit der Nachtgleiche um den 23 Sept.

Für die Orte der heissen Zone giebt es jährlich einen Tag, an welchem die Sonne im Mittage den gröstеn möglichen Abstand vom Scheitel erreicht. Dies ist für Stellen, welche vom Aequator nordwärts liegen, der 21 Dec., für die südwärts liegenden der 21 Junii. Man könnte also sagen, daß diese Orte ihren Winter zugleich mit den angrenzenden gemäßigten Zonen anfangen. Aber die Abtheilungen der Jahrszeiten lassen sich auf die Orte der heißen Zone überhaupt nicht wohl anwenden, s. **Jahrszeiten**.

Auch bey uns wird im gemeinen Leben, wo die Namen der Jahrszeiten nicht so genau auf den Stand der Sonne bezogen werden, unter dem Winter überhaupt die Zeit verstanden, in welcher die Tage am kürzesten sind, und die Vegetation durch die Kälte unterbrochen wird.

Digitized by Google

Winterpunkt, Punctum ſolſtitii hiberni, *Solſtice d'hiver*. Derjenige Punkt der Ekliptik, in welchem die Sonne bey ihrem ſcheinbaren jährlichen Umlaufe die gröſte ſüdliche Abweichung hat, und den ſie um den 21 Dec. oder zu Anfange unſers Winters erreicht. In dieſem Punkte ſteht ſie vom Nordpole am weitſten ab, hat alsdann für die Orte der nördlichen gemäßigten Zone die geringſte Mittagshöhe, und giebt den Bewohnern derſelben den kürzeſten Tag und die längſte Nacht. Dieſer Punkt iſt der Anfang vom Zeichen des Steinbocks, obſchon das Sternbild des Steinbocks dieſen Ort verlaſſen hat, und der Winterpunkt anjetzt in das Bild des Schützen, nahe vor deſſen Bogen, fällt. Dieſer Punkt iſt vom Frühlingspunkte oder Anfange der Ekliptik und des Aequators, um 90° weſtlich und 270° öſtlich entfernt; daher beträgt ſeine Länge und gerade Aufſteigung 270° oder 9 Zeichen; ſeine Abweichung aber iſt ſüdlich, und der Schiefe der Ekliptik gleich, ſ. **Schiefe der Ekliptik**. Durch ihn geht mit dem Aequator parallel der Wendekreis des Steinbocks, ſ. **Wendekreiſe**.

Winterſonnenwende, ſ. **Sonnenwenden**.

Wirbel, carteſianiſche, Wirbel des Descartes, Syſtem der Wirbel, Vortices Carteſiani, Syſtema vorticum, *Tourbillons de Descartes, Syſteme des tourbillons*. **Descartes** (Princip. philoſ. P. III.) verſteht unter einem **Wirbel** eine groſſe Menge Materie, welche ſich zuſammen um einen gemeinſchaftlichen Mittelpunkt bewegt, ſo daß ſich das Ganze als eine groſſe Anzahl von Kugelſchichten oder Kugelſchalen anſehen läſt, die ſich um eine gemeinſchaftliche Axe, oder wenigſtens um einen gemeinſchaftlichen Mittelpunkt drehen. Vollenden alle dieſe Schichten ihre Umläufe in gleicher Zeit, ſo iſt klar, daß die äuſſern geſchwinder gehen müſſen, als die innern, in eben dem Verhältniſſe, in welchem ihr Abſtand vom Mittelpunkte oder von der Axe gröſſer iſt.

Descartes, der die Einſchlieſſung der Geſtirne in umgedrehte Sphären nicht mehr annehmen konnte, und

Digitized by Google

doch das Bedürfniß fühlte, die Ursache und Entstehungsart der himmlischen Bewegungen durch irgend etwas anders begreiflich zu machen, verfiel darauf, sowohl die Sonne, als auch die Planeten, welche von Monden begleitet werden, mit solchen Wirbeln aus einer dichten, aber sehr fein zertheilten, flüßigen Materie zu umringen, welche Planeten und Monden so mit sich fortrisse, wie etwa der Wind die in der Luft schwebenden Körper mit sich führt. Die verschiedenen Theile des großen Wirbels der Sonne bewegen sich nach diesem System mit ungleichen Geschwindigkeiten, und führen die Planeten alle nach einerley Richtung, aber die nähern in kürzerer, die entferntern in längerer Zeit, um die Sonne. Jeder Planet schwimmt in derjenigen Schicht des Wirbels, welche mit ihm selbst gleiche Dichtigkeit hat. Die Erde, Jupiter und Saturn stehen in den Mittelpunkten kleinerer Wirbel, welche im größern schwimmen, und die Monden dieser Körper um sie selbst nach eben den Gesetzen herumführen. Der Wirbel der Erde dient zugleich als Mittel, die Schwere der Erdkörper zu erklären, s. Schwere.

Auf den ersten Blick scheint nichts einfacher, verständlicher und genugthuender, als dieses System, zu seyn. Noch niemand hatte vorher eine so begreifliche Ursache der himmlischen Bewegungen angegeben, auf welche der Umstand, daß alle Planeten und Monden nach einerley Richtung umlaufen, fast unmittelbar hinzuweisen scheint. Daher ist es nicht zu verwundern, daß diese Hypothese mit so ausgebreitetem Beyfall aufgenommen, und in der Folge von ihren Anhängern gegen Newtons bessere Mechanik des Himmels so lang und hartnäckig vertheidiget worden ist. Inzwischen ist sie jetzt völlig aus der Physik verdrängt, und es stehen ihr Gründe entgegen, welche mit allgemeiner Ueberzeugung für unwiderleglich erkannt werden.

Seitdem man Keplers Regeln kennt, ist es nicht genug, daß ein System die Bewegung der Weltkörper im Allgemeinen begreiflich mache: man fordert mit Recht, daß es auch die besondern unläugbaren Gesetze dieser Bewegung

Digitized by Google

erkläre oder wenigstens ihnen nicht widerspreche. Dieses leistet aber das System der Wirbel gar nicht.

Da die Bewegungen der Planeten elliptisch sind, so müsten auch die Schichten der Wirbel elliptische Gestalten haben, deren Ursprung **Descartes** von der Zusammendrückung durch die angrenzenden Wirbel herleitet. Wäre aber dieses, so müsten alle Planetenbahnen nach einerley Gegend zu länglich seyn; die dem Mittelpunkte nähere Materie würde von dieser Zusammendrückung am wenigsten leiden, und also müste die Bahn des Merkurs am wenigsten eccentrisch seyn; endlich müste die Sonne im Mittelpunkte, nicht im Brennpunkte der Ellipsen stehen. Von dem allen aber findet gerade das Gegentheil statt.

Descartes bringt die Bewegung der Wirbel mit der Umdrehung des im Mittel stehenden Körpers um seine Axe in Verbindung, ohne jedoch deutlich anzugeben, welche von beyden Bewegungen er für die Ursache der andern halte. Gäbe es aber eine solche Verbindung, so müsten alle Umdrehungen und Umläufe im Sonnensystem parallel mit der Ebne des Sonnenäquators erfolgen, und der Mond müste parallel mit dem Erdäquator umlaufen. Man weiß aber, daß die Ebnen der Umläufe und Umdrehungen im Sonnensystem ohne alle gegenseitige Beziehung auf einander gefunden werden. Ferner müste die nächste Schicht am Centralkörper eine gleiche Geschwindigkeit mit der Umdrehung desselben haben, z. B. die nächste Schicht an der Sonne müste in $27\frac{1}{2}$ Tagen umlaufen, welche Bestimmung sich in Vergleichung mit den Geschwindigkeiten und Abständen der Planeten weder auf die keplerischen Regeln, noch auf irgend ein anderes übereinstimmendes Gesetz bringen läst, nach welchem sich die Geschwindigkeiten der verschiedenen Wirbelschichten richten sollten.

Aus Keplers Regel, daß die vom Radius vector durchlaufenen Räume den Zeiten proportional sind, folgt im System der Wirbel der Satz, daß sich die Geschwindigkeiten der Schichten umgekehrt, wie ihre Abstände vom Mittelpunkte, verhalten. Aus der andern Regel aber, nach welcher die Quadratzahlen der Umlaufszeiten im Verhält-

Digitized by Google

nisse der Würfel der Entfernungen stehen, folgt in eben dem System, daß sich diese Geschwindigkeiten, wie die Quadratwurzeln aus den Abständen vom Mittel verhalten. Beyde Folgen widersprechen einander, und können nicht zugleich wahr seyn; da nun aber die Regeln selbst wahr sind, so muß das System, in welchem sie diese widersprechenden Folgen hätten, irrig seyn.)

Newton, der von diesem Gegenstande am Ende des zweyten Buchs seiner Principien handelt, findet, daß im cylindrischen Wirbel die Umlaufszeiten den Abständen von der Axe, im sphärischen den Quadraten der Abstände vom Mittelpunkte proportional seyn müsten. In der That aber sind sie bey Planeten und Monden den Quadratwurzeln aus den Würfeln der Abstände gemäß. Daraus schließt Newton, man könne die wahren Bewegungen der Himmelskörper weder durch sphärische, noch durch cylindrische Wirbel erklären.

Nun haben zwar die Wirbel an Johann Bernoulli (Nouvelles penſées ſur le ſyſteme de M. Descartes, couronnées par l'acad. des ſc. 1730. Oeuvres, To. III. no. 138. p. 133 ſqq. Nouvelle phyſique céleſte, ibid. no. 146. p. 263.) einen sehr scharfsinnigen Vertheidiger gegen diese Einwürfe gefunden, welcher in Newtons Berechnung einen in der That beträchtlichen Fehler zeigt, und alle seine Geschicklichkeit aufbietet, um vermittelst einiger wichtigen Abänderungen der ursprünglichen carteſianischen Theorie die Wirbel dennoch aufrecht zu erhalten, und mit den keplerischen Regeln, ja sogar mit dem newtonischen Gesetze der Gravitation, in Uebereinstimmung zu bringen. Er glaubt hiebey zu finden, daß ein sphärischer Wirbel allen diesen Gesetzen Gnüge leiste, wenn man nur annehme, daß sich die Dichtigkeiten seiner Schichten umgekehrt, wie die Quadratwurzeln aus ihren Abständen vom Mittelpunkte, verhalten. Uebrigens erklärt er die Excentricität der Planetenbahnen durch eine mit dem Wirbel verbundene Schwungbewegung, und die Neigung der Bahnen gegen den Sonnenäquator durch den Stoß des Wirbels auf die länglich sphäroidische Gestalt der Planeten.

Digitized by Google

Es hat aber d'Alembert (Traité des fluides. Paris 1744. 4. p. 385 ſqq.) dargethan, daß auch dieſer große Mathematiker bey den in ſeiner Schrift vorkommenden Integralrechnungen eine beſtändige Größe vernachläßiget habe, deren gehörige Einführung das ganze Reſultat verändert. Nach d'Alembert's Berechnung kan gar kein ſphäriſcher Wirbel ſtatt finden, wofern nicht alle ſeine Schichten ihre Umläufe in einerley Zeit vollenden, und überdies der Wirbel entweder unendlich oder mit undurchdringlichen Schranken, wie mit den Wänden eines Gefäßes, begrenzt iſt. Hieraus ſcheint faſt zu folgen, daß ſphäriſche Wirbel im Weltraume ſchlechterdings unmöglich ſind, zumal, da auch Bouguer (Entretiens ſur l'inclinaiſon des orbites des Planetes. Paris, 1734. 4.) die Unmöglichkeit ſphäriſcher Wirbel noch auf andere Art dargethan hat.

Herr von Leibnitz (Tentamen de motuum caeleſtium cauſis in Act. Erud. Lipſ. 1689. Febr. p. 82 ſqq. ingl. Excerptum ex epiſtola G. G. L. ibid. 1706. Octobr. p. 446 ſqq.) ſuchte die Wirbel auf eine andere Art mit den Phänomenen zu vereinigen. Er nahm die Geſchwindigkeit der Schichten im umgekehrten Verhältniſſe ihres Abſtandes vom Mittelpunkte an, und verband die Kreisbewegung des Planeten in denſelben zugleich mit einer Schwungkraft und einer Centralkraft gegen die Sonne. Auf dieſem Wege gelang es ihm wirklich, zu zeigen, daß, wenn ſich die Centralkraft verkehrt, wie das Quadrat des Abſtands verhalte, der Planet in gleichen Zeiten gleiche Flächen beſchreiben, und eine Ellipſe um die Sonne, als Brennpunkt, durchlaufen müſſe.

Aber auch dieſes Syſtem iſt eben ſo vielen Schwierigkeiten unterworfen. Es ſetzt einen Wirbel voraus, der nie würde beſtehen können, weil die Schwungkraft ſeiner Theile deſto größer wird, je näher ſie dem Mittelpunkte liegen. Ferner thut es der dritten kepleriſchen Regel nicht Gnüge, wofern man nicht den ganzen Wirbel in verſchiedene einzelne Theile theilt, deren mittlere Geſchwindigkeiten im umgekehrten Verhältniſſe der Quadratwurzeln aus den Abſtänden ſind, indeß ſich in jedem Theile beſonders betrach-

Digitized by Google

tet, die Geschwindigkeiten der Schichten umgekehrt, wie die Abstände selbst, verhalten. Wie kan man sich aber verstatten, eine so ganz willkührliche Hypothese in die Physik einzuführen. Endlich erklärt schon die Schwungkraft allein, in Verbindung mit Leibnitzens Centralkraft (vis paracentrica, welche doch nichts anders, als die newtonische Gravitation selbst ist) alle Phänomene der Bewegung in elliptischen Bahnen so vollkommen, daß es ganz überflüßig ist, dazu noch einen Wirbel anzunehmen.

Endlich ist es durch überzeugende Beweise bestätiget, daß man im Weltraume schlechterdings keine merklich widerstehende Materie annehmen dürfe. Die Kometen durchkreuzen diesen Raum nach allen Richtungen, ohne in ihrer Bewegung die mindeste merkliche Veränderung zu leiden. Auch ist dies seit dem Anfange dieses Jahrhunderts so allgemein anerkannt, daß die neuern Vertheidiger der Wirbel, z. B. **Villemot** (Nouvelle explication du mouvement des Planetes. Lyon, 1700. 8.), **de Molieres** (Leçons de physique. Paris, 1733. 12.), **de Gamaches** (Astronomie physique. Paris, 1740. 4.) selbst der Materie derselben allen Widerstand haben absprechen und sie entweder als unendlich dünn, oder als unendlich fein, haben betrachten müssen. Aber diese Ausflüchte sind sehr schwach. Eine unendlich wenig widerstehende Materie kan nie andere, als unendlich kleine Wirkung thun, und bleibt sowohl zur Herumführung der Planeten, als zur Bewirkung der Schwere, auf immer ungeschickt. Ueberdies kan auch die Feinheit der Zertheilung nichts zur Verminderung des Widerstands beytragen, als welcher lediglich von der Dichte des Mittels, nicht von der Zertrennung seiner Theile, abhängt. Soviel man auch bemüht gewesen ist, diesem Systeme durch neue Combinationen, neuerdachte Bewegungen und künstliche Veränderungen aufzuhelfen, so ist es doch stets ein Gebäude geblieben, das alle Geschicklichkeit seiner Baumeister nicht zu stützen vermocht hat, und von dem selbst während der Ausbesserungen immer ein Theil über den andern stürzte.

Montucla Hist. des mathematiques, To. II. P. IV. L. 4. §. 8

de Maupertuis Discours sur les différentes figures des astres, §. III. Oeuvres de Maup. à Lyon. 1768. 8. To. I. p. 104 sqq.

Wirbel im Wasser, s. Strudel.

Wirbelwind, s. Wind.

Wirkung, Actio, *Action*. Mit dem Namen der Wirkungen belegt man diejenigen Veränderungen, welche irgend eine physische Ursache hervorbringt oder hervorzubringen strebt. Wirkung einer Kraft ist die Bewegung, welche durch sie entsteht, oder der Druck, den sie äussert, wenn die Bewegung verhindert wird; Wirkung eines Körpers in den andern die Veränderung, die jener in diesem, oder in dessen Zustande, hervorbringt u. s. w. Ueber das Maaß der Wirkungen, in sofern man daraus auf die Größe der Ursachen oder Kräfte schließen will, läst sich im Allgemeinen wenig bestimmtes sagen. Man muß in jeder besondern Lehre genau bestimmen, was man als Größe der Wirkung betrachten und ausmessen wolle, z. B. ob man die Größe der Bewegung in einer gewissen Zeit, oder die Totalsumme aller erzeugten Bewegung ohne Rücksicht auf die Zeit u. s. w. verstehe. Zweydeutigkeiten dieser Art haben die Lehre von Ausmessung der Kräfte durch ihre Wirkungen ungemein verdunkelt, s. Kraft (Th. II. S. 803 u. f.).

Herr von Maupertuis (Mém. de l'acad. des sc. de Paris. 1744. ingl. Mém. de l'acad. roy. de Prusse. 1746. p. 268 sqq. und im Essai de Cosmologie in Oeuvres de *Maupertuis*, à Lyon. 1768. 8. To. I.) verbindet mit dem Namen Größe der Wirkung (*quantité d'action*) einen ihm eignen Begrif, indem er darunter bey Bewegungen, die durch Kräfte hervorgebracht werden, das Product aus der Masse des bewegten Körpers in seine Geschwindigkeit und in den Raum, den er durchläuft, verstehet. Er stellt sich nemlich vor, wenn ein Körper aus einem Orte in den andern gebracht werde, so sey die Wirkung desto größer, je größer die Masse des Körpers, je schneller die Bewegung, und je länger der Raum sey, durch den der Körper gehe.

Digitized by Google

In dieſem dem Worte Wirkung untergelegten Sinne iſt, nach der Entdeckung des Herrn von Maupertuis, bey den Geſetzen des Gleichgewichts, des Stoßes, ingleichen der Zurückwerfung und Brechung ꝛc. die Größe der Wirkung allemal ein Kleinſtes. Herr von M. ſahe es daher als ein allgemeines Naturgeſetz an, daß bey allen in der Natur geſchehenden Veränderungen die dazu erforderte Größe der Wirkung die kleinſte mögliche ſey. Dieſen Satz ſucht er in den oben angeführten Schriften unter dem Namen des Geſetzes oder Satzes der kleinſten Wirkung (lex ſ. principium minimae actionis, *Principe de la moindre action*) allgemein zu beſtätigen. Er verſucht ſogar in der Koſmologie, ihn als eine unmittelbare Folge aus den Eigenſchaften des göttlichen Weſens vorauszuſetzen, und nun als eine fruchtbare Grundregel der ganzen Mechanik und Optik zu betrachten, welche ſelbſt der Erhaltung der lebendigen Kräfte vorzuziehen ſey, und aus welcher ſich die Geſetze des Stoßes, des Gleichgewichts, der Brechung, Zurückwerfung u. ſ. w. als nothwendige Folgen herleiten ließen. Wie dieſes geſchehen könne, iſt bey den Worten Stoß (Th. IV. S. 237.), Brechung (Th. I. S. 421.), Zurückwerfung, umſtändlich gezeigt worden. Maupertuis ſelbſt macht noch mehrere Anwendungen von dieſem Satze, und Euler (Methodus inveniendi curvas maximi minimive proprietate gaudentes. Genevae, 1744. 4. Additam. II.) zeigt, daß man daraus die Krümmung federharter Bleche (curva elaſtica) beſtimmen könne, und daß bey den Centralbewegungen das Product der Geſchwindigkeit in das Element der Bahn gleichfalls ein Kleinſtes ſey, welches eine der ſchönſten Anwendungen dieſes Geſetzes auf die Bewegung der Planeten und der geworfenen Körper, denen nichts widerſteht, ausmacht. Den Satz ſelbſt hat man ſonſt auch das Geſetz der Sparſamkeit (lex parſimoniae, *loi de l'épargne*) genannt, weil vermöge deſſelben in der Natur ſo viel als möglich, durch ſo wenig als möglich ausgerichtet wird.

Die Entdeckung eines ſo allgemeinen und ſchönen Satzes, der dem menſchlichen Verſtande gleichſam einen

Blick in den Rath der höchsten Weisheit zu erlauben, und den Entscheidungsgrund des Schöpfers bey der Wahl der vornehmsten Naturgesetze zu enthüllen scheint, setzt in der That so viel Scharfsinn voraus, daß man ihrem Urheber gern die kleine Eitelkeit verzeiht, auf eine solche Erfindung einen etwas hohen Werth gelegt zu haben. Leider muste er auch dafür durch bittere Kränkungen büssen. Der Professor der Mathematik zu Franeker, **Samuel König** (De universali principio aequilibrii et motus etc. in Actis Erud. Lipſ. menſ. Mart. 1751. p. 125 ſqq. 162 ſqq.) machte Erinnerungen gegen das Gesetz der kleinsten Wirkung, suchte vielmehr die statischen und mechanischen Sätze aus der Betrachtung der lebendigen Kräfte herzuleiten, und erinnerte am Ende, schon **Leibnitz** sey im Besitz einer weit ausgebreiteten Theorie der Wirkung gewesen, indem sich in einem seiner Briefe an **Hermann** in Basel folgende Stelle befind: „L'*Action* n'eſt point ce que Vous penſez, „la conſideration du *tems* y entre; elle eſt comme le pro„duit de la maſſe par le tems, ou du tems par la force „vive. J'ai remarqué, que dans les modifications des „mouvemens elle devient ordinairement un *Maximum* „ou un *Minimum*. On en peut deduire pluſieurs propo„ſitions de grande conſequence etc.“ In der That kömmt der Begrif von Wirkung, den diese Stelle ausdrückt, mit **Maupertuis** Bestimmung völlig überein: denn das Product aus der lebendigen Kraft MC^2 in die Zeit T (oder MC^2T) ist dem Producte aus Masse, Raum und Geschwindigkeit, oder MSC gleich (weil $CT = S$, so lange die Bewegung gleichförmig ist), und so schiene der Satz, daß diese Größe der Wirkung gemeiniglich ein Größtes oder Kleinstes werde, schon ein Gedanke Leibnitzens gewesen zu seyn.

Herr von **Maupertuis** nahm die Anführung der gedachten Stelle so auf, als beschuldige ihn **König**, die Erfindung von Leibnitzen entlehnt, und mit Unrecht für die seinige ausgegeben zu haben, welches doch wohl die Meinung nicht gewesen war. Er forderte von König, den Brief im Originale darzulegen, und mischte, als dieses nicht gleich

Digitized by Google

bewerkſtelliget werden konnte, die königl. preuſſiſche Academie der Wiſſenſchaften in die Sache, von welcher er Präſident, König aber ein Mitglied war. Dieſe fällte über König ein Urtheil (Jugement de l'acad. roy. des Sc. et belles lettr. ſur une lettre prétendue de M. de Leibniz, Berlin. 1752.), wogegen dieſer eine Vertheidigung (Appel au Public du jugement de l'acad. roy. etc. Leide, 1752. 8.) herausgab. Auf dieſe Art ward der Streit von der Hauptſache abgelenkt, und auf das Benehmen der Perſonen und die Authenticität eines Leibnitziſchen Briefes gerichtet, ſo daß nun auch diejenigen Gegner des Herrn von Maupertuis Theil nehmen konnten, die ſich ſonſt um eine mathematiſche Frage nicht bekümmert hätten. Insbeſondere benützte Herr von Voltaire dieſe Veranlaſſung, eine Anzahl luſtiger Schriften gegen Maupertuis zu verfertigen, welche dieſen aufs äuſſerſte entrüſteten, bis ſich zuletzt die Sache mit der Ungnade des Königs gegen Voltaire, und deſſen Entfernung von Berlin endigte. Herr Käſtner bemerkt hiebey, man habe ſonderbar gefunden, daß ſich Voltaire, ſeinem ſonſt bekannten Character entgegen, wider das Geſetz der Sparſamkeit erklärt habe.

Die lehrreichſte Vertheidigung des Satzes der kleinſten Wirkung iſt von Euler (Diſſ. de principio minimae actionis. Berol. 1753. 4. und franzöſiſch in den Mém. de l'acad. de Pruſſe 1751. p. 199.). Gegen Maupertuis haben einige Holländer, beſonders Martin Martens (Aanmerkingen over de Wet van Sparſamheit. Amſterdam, 1752. 4) und Anton Brugmans (Proeve over de waare grondwetten der Beweging en Ruſt. Leiden, 1753.) geſchrieben. Man ſuchte vornehmlich zu zeigen, daß die Minima, welche bey den Geſetzen der Bewegungen vorkommen, nicht erſte Geſetze, ſondern Folgen aus den Eigenſchaften der Körper (non principia, ſed principiata) ſind, daß man alſo das Geſetz der Sparſamkeit in keinem Falle anwenden dürfe, wenn man nicht ſchon aus andern Gründen vorher wiſſe, daß dabey die Wirkung ein Kleinſtes ſeyn müſſe. Dieſe Bemerkung iſt auch gewiß ſehr richtig; man darf in der Phyſik nicht die Zwecke vorausſetzen,

Digitized by Google

um die wirklichen Gesetze daraus zu demonstriren: vielmehr muß man die Gesetze aus Erfahrung kennen lernen, und erst dann ist es erlaubt, daraus Muthmaßungen über die Endzwecke herzuleiten, s. Teleologie.

Es ist auch zuverläßig, daß man die Gesetze des Stoßes, der Brechung u. s. w. aus dem Satze der Sparsamkeit allein nicht würde erfunden haben. Denn wenn man sie daraus ableiten will, so hat man allemal noch gewisse andere Voraussetzungen nöthig, z. B. daß beym Stoße elastischer Körper die relative Geschwindigkeit ungeändert bleibe, daß bey der Brechung die Geschwindigkeiten in beyden Mitteln in einem beständigen Verhältnisse stehen u. d. gl. Wie hätte man gerade auf diese Voraussetzungen, und auf keine andern, verfallen sollen, wenn nicht die zu erfindenden Gesetze schon vorher aus andern Betrachtungen oder Erfahrungen bekannt gewesen wären?

Wie dem aber auch sey, so bleibt doch an sich der Satz ewig wahr, daß in einigen der schönsten und allgemeinsten Naturgesetze das Product aus Masse, Raum und Geschwindigkeit in der That ein Kleinstes ist. Diese mathematische Wahrheit behält immer ihren Werth, und kan auf schöne teleologische Betrachtungen führen. Wenn sie auch Leibnitz bereits gekannt hat, so ist doch von ihm bey dem Gesetze der Stralenbrechung ein ganz anderer Grundsatz, nemlich daß die Schwierigkeit des Fortgangs ein Kleinstes werde, angenommen worden, s. Brechung (Th. I. S. 420.) Herr von Maupertuis behält also immer das Verdienst, diese Wahrheit mit ihrer richtigern Bestimmung entdeckt, und auf eine sehr scharfsinnige und glückliche Art aus den Naturgesetzen entwickelt zu haben: er fehlte nur darinn, daß er die Schlußart umkehren, und die Naturgesetze aus dem entdeckten Satze, als einem kosmologischen Princip, erweisen wollte.

Kästner Anfangsgründe der höhern Mechanik. Göttingen 1766. 8. III. Absch. §. 209 u. f. S. 381.

Brisson Diction. raif. de Phyf. Art. *Action.*

Wirkungskreis, Sphäre der Wirksamkeit, Sphaera activitatis, *Sphere d'activité.* Diesen Namen

giebt man dem Raume, innerhalb deſſen die Wirkungen einer Kraft oder einer andern phyſiſchen Urſache, welche ſich an einem beſtimmten Orte befindet, merklich ſind. Wenn ſich ſolche Wirkungen von dieſem Orte aus nach allen Richtungen erſtrecken, ſo werden ſie gemeiniglich nach gewiſſen Geſetzen deſto ſchwächer, je größer die Entfernung von dieſem Orte wird. So macht der Ort, wo ſich die wirkende Urſache befindet, gleichſam den Mittelpunkt aus, um den ſich ihre Wirkſamkeit verbreitet, und wenn die Wirkungen in gleicher Entfernung von dieſem Mittel gleich ſtark ſind, ſo liegen die Stellen, wo ſie merklich zu ſeyn aufhören, nach allen Richtungen gleich weit ab, und bilden eine den Mittelpunkt umgebende **Kugelfläche**. So kömmt dem Raume, den dieſe begrenzt, der Name einer Sphäre zu.

Auf dieſe Art verbreitet ſich die Erleuchtung der Flächen rings um jeden leuchtenden Punkt, und die Wirkung der Anziehung oder Gravitation rings um jede Maſſe, beyde nach dem Geſetze, daß ſie im umgekehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung abnehmen. Eben ſo verbreiten ſich auch die Wirkungen des elektriſchen und magnetiſchen Anziehens und Zurückſtoßens, deren Geſetze ſo genau nicht bekannt ſind, rings um jeden elektriſirten oder magnetiſchen Körper. Endlich erreicht man Entfernungen, in welchen die Wirkung zu ſchwach wird, um noch in die Sinne zu fallen. Wo dies zuerſt geſchieht, da ſollte eigentlich die Grenze des Wirkungskreiſes ſeyn. Man ſieht aber leicht, daß es mit der Beſtimmung dieſer Grenzen ſo genau nicht genommen werden darf. Denn feinere oder durch gute Werkzeuge unterſtützte Sinne können da noch Wirkungen wahrnehmen, wo dieſelben ſtumpfern oder unbewaffneten Sinnen ſchon gänzlich entgehen. Der Begriff von Wirkungskreiſen iſt mehr der Bequemlichkeit halber eingeführt, um die Stellen der deutlich zu bemerkenden Wirkungen von den Stellen der geringern und gleichſam verſchwindenden im Allgemeinen zu unterſcheiden.

Will man ja Größen der Wirkungskreiſe genau beſtimmen, ſo muß man eine gewiſſe gegebne Stärke der Wir-

Digitized by Google

kung als die letzte oder geringste merkliche ansehen, und dann aus den Umständen der Sache die Entfernung suchen, in welcher diese Stärke der Wirkung statt findet. Die gefundne Entfernung giebt den Halbmesser des Wirkungskreises, oder wenigstens den Abstand der Grenze nach der zu untersuchenden Richtung, an.

Wirkungskreise, elektrische, elektrische Atmosphären, elektrische Einflüße (de Luc), Atmosphaerae electricae, Sphaerae activitatis electricae, *Atmospheres électriques*, *Influences électriques*. Man versteht unter einem elektrischen Wirkungskreise den Raum, innerhalb dessen ein elektrisirter Körper auf andere benachbarte durch Vertheilung, d. i. durch Zurückstoßung der gleichartigen und Anziehung der entgegengesetzten Elektricität, merkliche Wirkungen äussert; oder allenfalls die in diesem Raume befindliche Luft, auf welche der elektrisirte Körper wirket.

Die ersten Elektriker, welche ausser dem Anziehen und Zurückstoßen wenig elektrische Erscheinungen kannten, suchten die Ursache dieser Phänomene in ölichten Ausflüßen, die nach ihrer Vorstellung den Körper, wie eine Dunstkugel, umringten. Dies hat zuerst den Namen der elektrischen Atmosphären veranlaßt. In der Folge gab man zwar diesen groben Begrif auf, behielt aber doch die Vorstellung bey, daß die Elektricität eines Körpers eine Art von Atmosphäre um ihn bilde, oder wenigstens der umgebenden Luft bis auf einige Entfernung mitgetheilt werde, so daß sich diese Luft als elektrische Atmosphäre des Körpers betrachten lasse. Dies findet nun allenfalls statt, so lange blos Mittheilung der Elektricität betrachtet wird; aber die Gesetze der Vertheilung erfordern ganz andere Begriffe. Inzwischen hat man diese alte Idee von Atmosphären aus elektrischer Materie oder aus elektrisirter Luft lange genug beybehalten: nur seit kurzem ist erst der Name der elektrischen **Wirkungskreise** gewöhnlicher, und im richtigern Sinne genommen worden, in welchem er den Raum anzeigt, durch den sich merkliche Einflüsse einer Elektrici-

Digitized by Google

tät, oder merkliche Wirkungen derſelben auf Vertheilung äuſſern.

Um Wiederholungen zu vermeiden, verweiſe ich hier auf das, was von den elektriſchen Wirkungskreiſen und der Vertheilung beym Worte Elektricität (Th. I. S. 736. u. f.) ingleichen von der Geſchichte dieſer Lehre (ebend. S. 752.) bereits geſagt worden iſt. Wilke und Aepinus haben unſtreitig zu richtigern Kenntniſſen hievon den erſten Grund gelegt. Schon in ihren ältern Schriften findet ſich ſeit dem Jahre 1757 alles dasjenige, woraus ſpäterhin die Lehre von der Vertheilung der Elektricität, nebſt den Erfindungen des Elektrophors, Condenſators u. ſ. w. entwickelt worden iſt, und was den Schlüſſel zu den räthſelhafteſten Geheimniſſen der Elektricität enthält. Wilke entdeckte zuerſt das wahre Geſetz der elektriſchen Wirkungskreiſe, oder (wie man ſie damals nannte) Atmoſphären, daß jeder elektriſirte Körper in andern, welche in ſeinen Wirkungskreis kommen, eine der ſeinigen entgegengeſetzte Elektricität zu erwecken ſtrebt, welches Geſetz, wie wir (Th. I. S. 742.) gezeigt haben, im Grunde mit dem Geſetze des Anziehens und Zurückſtoßens ganz einerley iſt.

Verſuche, welche auf dieſes Geſetz hätten führen können, waren freylich ſchon lange vorher bekannt. Otto von Guericke (Experimenta Magdeburg. de vacuo ſpatio, Lib. IV. Cap. 15.) hatte bereits gefunden, daß Fäden, welche in einem geringen Abſtande von ſeiner geriebenen Schwefelkugel hiengen, oft von ſeinem nahe daran gehaltenen Finger zurückgeſtoßen wurden. Nemlich im Wirkungskreiſe der negativ elektriſirten Kugel erhielten Fäden und Finger eine poſitive Elektricität, und ſtießen nun einander nach den gewöhnlichen Geſetzen ab. Was die Jeſuiten in Peking ſchon 1755 bemerkt hatten, ſ. beym Worte Quadrat, elektriſches (Th. III. S. 587). Vorzüglich aber gehören hieher die zahlreichen Verſuche, welche Canton (Philoſ. Trans. Vol. XLVIII. P. I. p. 350.) und Franklin (Philoſ. Trans. Vol. XLIX. P. I. p. 300.) in den Jahren 1753 bis 1755 über die elektriſchen Atmoſphären anſtellten, und welche man damals einer unerklärbaren Zaube-

Digitized by Google

rey ähnlich fand, weil man sich unter diesen Atmosphären noch immer eine Anhäufung gleichartiger Elektricität um den elektrisirten Körper vorzustellen gewohnt war.

Aepinus (Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi. Petrop. 1759. 8. maj. p. 257.) läugnete zuerst das Daseyn eigentlicher aus elektrischer Materie bestehender Dunstkreise, substituirte dafür die richtigere Benennung der **Wirkungskreise**, und ließ den Namen der Atmosphäre nur unter der Bedingung zu, wenn man darunter die Luft verstehen wolle, welche den elektrisirten Körper umgiebt, und auf die seine Elektricität wirkt. Nach dieser richtigern Vorstellung hat die Elektricität ihren Sitz blos im Körper selbst und auf dessen Fläche; nur die Wirkungen ihres Anziehens und Zurückstoßens sind es, die sich bis auf eine gewisse Weite merklich äussern, und dadurch die Grenzen des Wirkungskreises bestimmen.

Nach der von Herrn **Lichtenberg** eingeführten Vorstellungsart und Bezeichnung wird die in den Körpern enthaltene positive Elektricität +E, die negative −E genannt. Nähert man den positiv elektrisirten Körper A an B, so zieht sein +E das −E des Körpers B an, und stößt das +E desselben zurück. Die Weite, bis auf welche sich diese Wirkungen merklich äussern, bestimmt die Größe des Wirkungskreises. Hiebey ist noch kein Uebergang, sondern nur **Vertheilung** der Elektricität, welche eigentlich in einem bloßen Streben nach Uebergang besteht. Bringt man endlich beyde Körper zu nahe an einander, so erfolgt der Uebergang selbst, und A giebt von seinem +E an B, oder B von seinem −E an A, ab. Diese Mittheilung stellt das Gleichgewicht her, und man begreift hieraus, wie durch Ueberströmung, Funken, Schläge ꝛc. die Wirkungen der Vertheilung aufhören, und die Wirkungskreise verschwinden müssen.

Stumpf oder kugelförmig geendete Körper laden ihre Elektricität durch Funken in der gehörigen Schlagweite, spitzige durch stilles Ausströmen auf weit größere Entfernung aus: platte und ebne Oberflächen hingegen sind zur Mittheilung ihres E im höchsten Grade ungeschickt, s. Spitzen, elektrisirte. Hieraus folgt, daß sich bey Spitzen fast gar keine Wir-

kungen der Atmosphären zeigen können, daß bey stumpfgeendeten Körpern diese Wirkungen merklicher sind, und sich auf eine gewisse Entfernung über die Schlagweite hinaus erstrecken; daß endlich bey platten Flächen die Erscheinungen der Wirkungskreise äusserst stark und lang anhaltend seyn müssen, ja selbst bey unmittelbarer Berührung noch statt finden, woraus sich die Phänomene geriebener Glastafeln, Harzkuchen und anderer elektrischer Platten, der Ladung des Elektrophors, Condensators u. s. w. erklären.

Durch die Wirkungen der Atmosphäre verliert der elektrisirte Körper, dem dieselbe zugehört, nichts von seiner Elektricität; auch dauern die Wirkungen so lange fort, als sich die Elektricität erhält; daher rührt das Anhaltende und Perpetuelle in allen Erscheinungen, welche blos von der Vertheilung durch Wirkungskreise entspringen.

Inzwischen ist hiebey ein wichtiger Umstand zu bemerken, welchen Herr Volta zuerst aus dem gehörigen Gesichtspunkte betrachtet hat. Nemlich jedes + E oder − E, welches innerhalb seines Wirkungskreises eine Vertheilung bewirkt, scheint diese Zeit über in eben dem Maaße schwächer oder unwirksamer zu werden, in welchem die von ihm bewirkte Vertheilung stärker ist. Hört aber die Vertheilung auf, so scheint auf einmal die ganze vorige Stärke dieses + E oder − E zurück zu kehren. Dahin gehören alle die Erscheinungen, welche Beccaria unter dem Namen Electricitas vindex begrif, weil er glaubte, der elektrisirte Körper lege sein ± E wirklich in einen andern berührenden oder genäherten ab, und ergreife dasselbe bey der Trennung wieder.

Volta hingegen verband hiemit den weit einfachern und natürlichern Begrif, daß diese scheinbare Schwächung blos eine nothwendige Folge der Verwendung des ± E auf die hervorgebrachte Vertheilung sey. Eine Kraft, welche sich auf irgend etwas verwendet, kan ausser dem, was sie hiebey thut, nicht zugleich noch etwas anderes bewirken. Sie scheint durch diese Verwendung geschwächt oder verschwunden zu seyn, ohne daß man darum nöthig hat, eine besondere entgegengesetzte Kraft anzunehmen, die sie aufgezehrt habe, s. Gegenwirkung. Eben so muß ein ± E,

welches eine Vertheilung bewirkt, schon darum, weil es wirkt, aufhören, sich durch andere Merkmale zu zeigen, durch die es sich vorher offenbarte. Es wird also die Fäden des Elektrometers weniger, als vorher, auseinander treiben, genäherten Leitern keine Funken mehr, oder doch nicht mehr so starke, als vorher, geben, d. i. es wird, nach dem Ausdrucke des Herrn Volta, seine Intensität geschwächt werden. Noch bequemer ist der von Herrn Lichtenberg gebrauchte Ausdruck, es werde gebunden (unwirksam in Absicht auf seine gewöhnlichen Merkmale). Hört die Wirkung auf Vertheilung auf, so wird es wieder frey, oder seine vorige Intensität kehrt ohne Verlust in ihrer ganzen Stärke zurück.

Hiezu bedarf es keines neuen Grundsatzes. Alles erfolgt nach den allgemeinen Gesetzen der Kräfte, wie bey Wirkung und Gegenwirkung, wie beym Binden und Freywerden durch chymische Verwandschaften u. s. w. Auch ist die Bindung allemal gegenseitig. Wenn ein +E innerhalb seines Wirkungskreises das −E eines andern Körpers anzieht und gegen sich lockt, so binden beyde einander, und beyde verlieren von ihrer Intensität. Trennt man sie wieder, so werden beyde frey; jedes bringt nun andere Wirkungen hervor, und verhält sich seiner vorigen Intensität gemäß so, wie es die Umstände erfordern.

Da sich gleichartige E abstoßen, so ist jeder Körper desto geneigter, mehr ± E anzunehmen, je weniger er dessen bereits hat, oder je weniger dasjenige, so er hat, wirksam ist. Wenn also die Intensität des ± E in einem Körper geschwächt wird, so wird im Gegentheil die Capacität des Körpers, mehr ± E anzunehmen, stärker. Daher nehmen bey jeder Vertheilung oder gegenseitigen Bindung die Capacitäten zu, indem die Intensitäten abnehmen, und man kan zwo Flächen fähig machen, weit mehr ± E, als sonst, anzunehmen, wenn man jede in den Wirkungskreis der entgegengesetzten andern bringt. Hievon sind die geladnen Flaschen und Platten deutliche Beyspiele. Jede belegte Seite befindet sich im Wirkungskreise der andern: dadurch verschwindet fast alle Intensität, so daß eine Seite

Digitized by Google

allein weder ſtark aufs Elektrometer wirkt, noch merkliche Funken giebt; die Capacität der Seiten hingegen wird äuſſerſt groß, und macht eine ungemein heftige Ladung möglich. Beym Entladen wird dieſen ſtarken Elektricitäten ein Weg, ſich zu verbinden, eröfnet, wodurch die Vertheilung plötzlich aufhört, und die ganze Ladung beyder Seiten mit zurückkehrender voller Intenſität ausbricht. Eben dadurch erklären ſich auch die Erſcheinungen des Elektrophors und Condenſators der Elektricität, wobey die allgemeinen Erſcheinungen der Wirkungskreiſe durch die beſondern Eigenſchaften nicht leitender oder langſam leitender Subſtanzen modificirt ſind. Man ſ. die dieſen Werkzeugen gewidmeten Artikel.

Lord Mahon, jetzt Graf Stanhope (Principles of electricity. London, 1779. 4. Lord Mahons Grundſätze der Elektricität, a. d. engl. überſ. mit Anm. von J. F. Seeger. Leipzig, 1789. gr. 8.) hat einen großen Theil ſeiner wichtigen Unterſuchungen den elektriſchen Atmoſphären gewidmet, die er als einen Theil poſitiv oder negativ elektriſirter Luft betrachtet. Er bediente ſich dabey eines Elektrometers aus Korkkugeln von höchſtens $\frac{1}{10}$ Zoll im Durchmeſſer, die an ſo feinen leinenen Fäden, als ohne Zerreiſſung möglich war, an einem Haken parallel aufgehangen waren, und am ſicherſten mit einer Stange Siegellak iſolirt wurden. Er unterſuchte damit die Stärke der Elektricität in den verſchiedenen Theilen des iſolirten Leiters AB (Taf. XXVII. Fig. 89.), deſſen E durch Annäherung eines andern durch Mittheilung elektriſirten Leiters PC vertheilt iſt. Hat z. B. PC ein +E erhalten, ſo zeigt der in den Wirkungskreis deſſelben eingeſenkte Theil des andern Leiters A ein −E, der entfernte Theil B hingegen (ſo lange er nicht berührt worden iſt) ein +E, und zwiſchen beyden Enden befindet ſich ein Punkt D, welcher gar keine Elektricität zeigt, und den Lord Mahon den neutralen Punkt nennet. Die Stelle dieſes neutralen Punkts ſucht er durch die Theorie nach zweyerley Hypotheſen zu beſtimmen, indem er einmal annimmt, die Wirkung oder die Dichtigkeit der Elektricität verhalte ſich umgekehrt, wie der Abſtand ſelbſt, und dann, ſie verhalte ſich verkehrt, wie das Quadrat des Ab-

Digitized by Google

ſtands. Die Verſuche zeigten nachher, daß diejenige Stelle die richtige war, welche ſich aus der letztern Hypotheſe ergab. Bey dieſen äuſſerſt feinen Verſuchen durfte der Faden am Elektrometer nicht über $\frac{3}{4}$ Zoll lang, und nicht wohl an etwas anderm, als an einer Stange Siegellack befeſtiget ſeyn. Oft war es ſehr ſchwer, die Stelle des neutralen Punkts bis auf $\frac{1}{1000}$ oder $\frac{1}{600}$ der Länge AB genau anzugeben, indem das + E bey B und das − E bey A überaus ſchwach war; indeß gelang es doch immer, zu ſehen, daß Verſuch und Rechnung mit einander übereinſtimmten. Allemal war BC + AC : AC = BD + AD : AD. Es darf aber hiebey AB nicht berührt werden, und noch weniger mit der Erde in Verbindung oder von feuchter Luft umgeben ſeyn; auch darf kein ſpitziger Leiter in den elektriſchen Wirkungskreis gebracht werden.

Dieſe Entdeckungen des Lord Mahon erregten bey den Phyſikern viel Aufmerkſamkeit; aber Herr Volta, der bald nachher nach England kam, läugnete, daß das am Leiter AB verſchobne Elektrometer den wahren Zuſtand des ± E an ſeinen verſchiedenen Stellen anzeige. Der Grund, der ihn hiezu bewog, war dieſer, weil der Leiter AB aus jeder Stelle ſeiner Länge, an welcher man ihn berührt, auf gleiche Art einen poſitiven Funken giebt, und alsdann, wenn man den Einfluß von PC aufhebt, negativ befunden wird. Volta ſchloß hieraus gegen Lord Mahon, daß während des Einfluſſes von PC die Wirkung in AB überall von gleicher Intenſität, oder AB an allen ſeinen Stellen in ebendemſelben elektriſchen Zuſtande ſey. Die Veränderungen des Elektrometers ſchrieb er vielmehr dem unmittelbaren Einfluſſe des PC auf die Kugeln deſſelben zu.

Herr de Lüc (Neue Ideen über die Meteorologie, Th. I. §. 320 u. f.) hat dieſen ſcheinbaren Widerſpruch zwiſchen Lord Mahon und Volta ſehr glücklich gehoben, indem er gezeigt hat, daß beyde zugleich Recht haben, indem ſie die Sache aus verſchiedenen Geſichtspunkten betrachten. Mahon redet von dem Abſtoßen der Kugeln des Elektrometers, oder nach de Lüc Ausdrucke von elektriſchen Bewegungen, welche lediglich von den Geſetzen der Dichtigkeit des elektriſchen

Fluidums abhängen; Volta hingegen sieht auf den Uebergang dieses Fluidums in andere Körper, welcher auf dem Gesetze seiner ausdehnenden Kraft beruht. Nun steht aber die Dichtigkeit gar nicht nothwendig, und in der That nur sehr selten, in gleichem Verhältnisse mit der ausdehnenden Kraft, indem eben dieselbe Menge elektrischer Materie durch eine größere Menge fortleitendes Fluidum mehr ausdehnende Kraft erhält. Mithin können beyde Behauptungen wahr seyn, ohne sich zu widersprechen. Auch lehren Herrn de Lüc eigne sorgfältige Versuche, daß wirklich bey Leitern, welche elektrischen Einflüßen ausgesetzt werden, die Dichtigkeiten des elektrischen Fluidums an verschiedenen Stellen verschieden sind, obgleich die ausdehnende Kraft an allen Stellen fast gleich groß ist.

Ich habe die allgemeinen Begriffe, auf welche Herr de Lüc seine ganze Theorie der Elektricität gründet, bereits bey dem Worte Flasche, geladne (Th. II. S. 309. 310.) kürzlich angeführt. Er nimmt dabey nur eine elektrische Materie an, deren Ueberfluß oder Mangel die Aeußerungen des +E und −E verursachet; aber er setzt dieselbe aus zween schwach mit einander zusammenhängenden Substanzen, einer schweren eigentlich sogenannten elektrischen Materie, und einem nach gleichförmiger Verbreitung strebenden, alle Körper durchdringenden fortleitenden Fluidum (*fluide déferent*) zusammen. Eine größere Menge des letztern giebt einer gleichen Menge der erstern mehr ausdehnende Kraft.

Hieraus werden nun die Erscheinungen der elektrischen Wirkungskreise, oder wie sie Herr de Lüc nennt, der elektrischen Einflüße, auf folgende Art erklärt. Wenn man z. B. die Harzfläche eines Elektrophors reibt, so bemächtigt sich das Reibzeug eines Theiles ihres elektrischen Fluidums, der durch die Hand des Experimentators in den Boden strömt. Dadurch geht auch fortleitendes Fluidum verlohren, das aber aus der entgegengesetzten Fläche sogleich ersetzt wird; hiemit wird die andere Fläche in Stand gesetzt, mehr elektrische Materie aus dem Boden anzunehmen, die sich daher an ihr desto mehr verdichtet, je mehr fortleiten-

Digitized by Google

des Fluidum ihr durch fortgesetztes Reiben der obern Fläche entzogen wird. Eben so wird von dem elektrisirten Leiter PC, Taf. XXVII. Fig. 89. fortleitendes Fluidum in den isolirten Leiter AB überströmen; aber das Ende A ist dieser Wirkung mehr, als B, ausgesetzt, daher wird die dem Leiter AB eigne elektrische Materie bey A mehr ausdehnende Kraft, als bey B erhalten; da aber hier nichts ist, was sie hinderte, sich ins Gleichgewicht zu setzen, so wird sie sich so vertheilen, daß die ausdehnende Kraft durch die ganze Länge AB gleich groß ist, woraus denn nothwendig folgt, daß bey A mehr fortleitendes Fluidum und weniger Dichtigkeit der elektrischen Materie, bey B hingegen weniger fortleitendes Fluidum und mehr Dichtigkeit der Materie statt finden muß. Daher zeigt A ein —E, B ein +E, wenn PC positiv elektrisirt ist.

Vielleicht wird dies noch deutlicher, wenn man AB nach Herrn de Lüc Methode mit Wasserdämpfen in einem verschloßnen Gefäße vergleicht, die von C aus durch ein heftiges Feuer erhitzt werden. Hiebey stellt das Feuer oder die fühlbare Wärme das *Fluide deferent*, das Wasser die schwere Substanz der elektrischen Materie vor. Anfänglich werden die Dämpfe durch den ganzen Raum AB gleichförmig verbreitet seyn. Wenn aber nun das Feuer von C her wirkt, so wird das Ende A heisser, als B, und die Dämpfe in A erhalten mehr Elasticität. Sie dehnen sich also aus, und drücken dagegen die in B mehr zusammen, so daß sich nun bey A weniger, bey B mehr Dichtigkeit oder Wasserstof befindet, die Hitze aber umgekehrt bey A größer, als bey B ist. In diesem Zustande ist bey A mehr Trockenheit (—E), bey B mehr Feuchtigkeit (+E) anzutreffen; die Elasticität aber ist gleich groß an allen Stellen des ganzen Gefäßes AB.

Nach diesen Begriffen besteht die ganze Erscheinung der elektrischen Wirkungskreise in dem Ueberströmen oder der Fortpflanzung des elektrischen fortleitenden Fluidums, welches sich eben so, wie der freye Wärmestof, durch alle Körper bis zu einem gewissen Gleichgewichte zu vertheilen strebt, und die schwere elektrische Materie vermöge seiner

Digitized by Google

Verwandschaft da mit sich nimmt, wo sie frey ist oder schwächer zurückgehalten wird, da aber zurückläßt, wo sie durch ihre Verwandschaften stärker an andere Körper gefesselt wird. Da das Medium dieser Fortpflanzung gemeiniglich die Luft ist, so hat diese allerdings auf die Erscheinungen der Wirkungskreise einen beträchtlichen Einfluß; denn ein jeder Körper besitzt z. B. nur in sofern +E, als er einen Ueberschuß an elektrischer Materie in Vergleichung mit der umgebenden Luft hat, und in sofern — E, als er in Vergleichung mit eben dieser Luft an elektrischer Materie Mangel leidet.

Der Raum erlaubt mir nicht, hier dieses System vollständig vorzutragen. Es scheint zwar ein wenig verwickelt, schließt sich aber doch an die Phänomene mit vieler Leichtigkeit und Uebereinstimmung an, und erklärt am Ende mancherley Umstände, von denen sich aus den sonst bekannten Gesetzen und Vorstellungsarten nicht allemal leicht Rechenschaft geben läßt. Man wird dies sehr lebhaft fühlen, wenn man in Herrn de Lüc Ideen über die Meteorologie das dritte Capitel, welches fast die Hälfte des ersten Bandes ausmacht, mit Aufmerksamkeit studiren, und die darinn enthaltenen Erklärungen der leidner Flasche, des Elektrophors, Condensators, der elektrischen Einflüße, der Bewegungen durch Anziehen und Zurückstoßen, der Figuren des Herrn Lichtenberg u. s. w. mit dem, was von andern hierüber gesagt wird, zusammenhalten will. Nur als Beyspiel will ich noch die Erklärung des Elektrophors hinzufügen.

Nicht leitende Platten halten die elektrische Materie, die einmal an ihren Oberflächen abgesetzt ist, sehr fest. Daher ist die Entladung niemals vollständig, wenn auch gleich die Belegungen in einer leitenden Verbindung sind. Es bleibt immer und auf lange Zeit etwas überflüßige elektrische Materie auf der Seite, welche den Ueberschuß hatte. Dagegen nehmen aber auch diese Flächen die elektrische Materie mit Schwierigkeit, und nur durch Punkte der unmittelbaren Berührung, an; daher kömmt es, daß in derjenigen Fläche, welche verlohren hat, auch der Mangel

Digitized by Google

durch die veranstaltete Entladung nicht gänzlich ersetzt wird.

Wenn man also mit dem Reiben der Harzschicht eines Elektrophors aufhört, so nimmt doch die Fläche ihr verlohrnes Fluidum nicht leicht wieder an. Denn das auf der andern Seite angehäufte theilt mit ihr sein fortleitendes Fluidum, und vermehrt also in ihr die ausdehnende Kraft, welcher Umstand nicht nur während des Reibens dazu beyträgt, daß sie elektrische Materie verliert, sondern auch vermittelt, daß die entgegengesetzte Fläche, ob sie schon mit dem Boden verbunden ist, das elektrische Fluidum, das sie erhalten hat, nicht verlieren kan. Dies ist die Ursache der langen Dauer dieser entgegengesetzten Modifikationen beyder Flächen, wenn gleich dieselben mit Leitern in Verbindung sind. Alsdann ist der Elektrophor ganz in dem Falle einer elektrischen Platte, die man geladen und dann wieder entladen hat, wodurch ebenfalls beyde Seiten nicht völlig ins Gleichgewicht kommen, weil sie sich gerade so, wie die Flächen der Harzschicht des Elektrophors modificiren.

Wenn man auf die beyden Seiten der elektrischen Platte Belegungen mit Elektrometern bringt, so bewegen sich diese schwach, bisweilen beyde, bisweilen nur eines. Ist die Platte geladen gewesen, so ist die Bewegung gemeiniglich auf der positiven Seite. Ist sie aber gerieben worden, so ist die Bewegung des Elektrometers auf der positiven Seite, wenn die Platte von Glas, auf der negativen, wenn sie von Harz ist. Bewegen sich beyde Elektrometer, so geschieht dieses bey dem einen darum, weil die Seite des Elektrophors, die mit seiner Belegung in Verbindung ist, dieser letztern etwas fortleitendes Fluidum verschaft, und dadurch ihre ausdehnende Kraft vermehrt, und bey dem Elektrometer auf der andern Belegung erfolgt es aus der entgegengesetzten Ursache.

Berührt man nun die erste oder obere dieser Belegungen, so entzieht man ihr etwas elektrisches Fluidum, das in den Boden strömt, und ihr Elektrometer kömmt in Ruhe, welches Gleichgewicht mit dem Boden anzeigt. Nun

hat man aber dem ganzen Apparate fortleitendes Fluidum entzogen, daher iſt auf der untern Seite Verminderung der ausdehnenden Kraft entſprungen, welches durch eine vermehrte Bewegung des Elektrometers daſelbſt angezeigt wird.

Berührt man nunmehr die andere Belegung, ſo nimmt ſie vom Boden elektriſches Fluidum an, und ihr Gleichgewicht ſtellt ſich her. Dadurch wird aber der vorige Verluſt von fortleitendem Fluidum im ganzen Apparate wieder erſetzt, und die elektriſche Materie jener Seite, ob ſie gleich durch den vorigen Verluſt dünner geworden iſt, überwiegt doch wieder an ausdehnender Kraft, welches ihr Elektrometer ſogleich anzeigt. Eine zweyte Berührung wird ihr alsdann eine zweyte Menge von elektriſchem Fluidum entziehen, und ſo werden dieſelben Operationen abwechſelnd immer dieſelben Wirkungen haben. Dadurch wird nun der Verluſt von elektriſchem Fluidum in der Belegung der poſitiven, ſo wie der Gewinn in der entgegengeſetzten Seite immer mehr vermehrt. Doch werden dieſe Wirkungen nach und nach immer kleiner; weil der Verluſt an fortleitendem Fluidum, den die eine Seite leidet, wegen ihres Abſtandes von der andern, die Menge des fortleitenden Fluidums in der letztern nicht ganz verhältnißmäßig vermindert, und eben ſo der Gewinn der letztern Seite aus dem Boden die Menge dieſes Fluidums in jener nicht ganz verhältnißmäßig vermehrt, ſo daß ſich endlich jede Belegung einem beſtändigen Gleichgewichte mit dem Boden nähert.

Dieſes Spiel abzukürzen, darf man nur beyde Belegungen zugleich berühren, wodurch eine ſchnelle Succeſſion aller vorigen Wirkungen hervorgebracht, und das Gleichgewicht mit dem Boden auf einmal erhalten wird.

Hebt man nun in dieſem Zuſtande eine, oder auch beyde Belegungen ab, und entfernt ſie aus dem Wirkungskreiſe oder Einfluße der Platte, ſo wird das fortleitende Fluidum, das ſie enthalten, nicht mehr durch die elektriſche Materie der anliegenden Seite der Platte beſchäftiget, ſondern kan ſich ganz allein auf die jeder Belegung eigne elektriſche Materie verwenden, daher nunmehr eine ſehr große Verände-

Digitized by Google

rung der ausdehnenden Kraft erfolgt. Die Belegung an der negativen Seite nimmt den ganzen Gewinn, den sie erhalten hat, mit sich; so wie die an der positiven nunmehr den ganzen Verlust, den sie erlitten hatte, anzeiget. So zeigt sich jene stark positiv, diese stark negativ, man kan beträchtliche Funken durch beyde hervorbringen, Flaschen damit laden u. s. w. indeß der Zustand der Platte selbst immer unverändert bleibt.

Cavallo Vollständige Abhandl. der Lehre von der Elektricität, aus dem englischen. Dritte Auflage. Leipzig, 1785. gr. 8. Zusatz des Uebersetzers, S. 253 u. f.

J. A. de Lüc Neue Ideen über die Meteorologie, a. d. frz. Erster Theil. Berlin u. Stettin, 1787. gr. 8. §. 300 u. f.

Wismuth, Aschbley; Bismuthum, Stannum cinereum s. glaciale, *Bismuth, Etain de glace.* Ein röthlich weisses, aus breiten Blättern bestehendes, sehr sprödes Halbmetall, das ziemlich hart ist, und wenig Klang hat. Man gab ihm sonst den Namen Markasit, welches beym Gebrauche älterer Schriften zu merken ist, wie z. B. Wolf das Amalgama zu Belegung erhabner Kugelspiegel (s. Spiegel, oben S. 128) aus Queckſilber, Zinn und Markasit (Wismuth) bereiten lehrt, wo man sehr irren würde, wenn man Markasit nach der jetzigen Bedeutung des Worts für Schwefelkies nähme.

Des Wismuths eigenthümliches Gewicht ist nach Bergmann 9, 670. Er schmelzt noch vor dem Glühen, und noch eher als Bley, schon bey 460 Grad Wärme nach Fahrenheit. In größerer Hitze verdampft er sehr leicht, und brennt beym Zutritte der Luft mit einer schwachen blauen Flamme, und einem dicken gelben Rauche, der sich an kalte Körper als Wismuthblumen anlegt. In verschloßnen Gefäßen läst er sich unverändert sublimiren. Wenn er nach dem Fließen ruhig erkaltet, so krystallisirt er sich in polyedrischen Säulen, die sich treppenförmig an einander legen. Wenn er bey mäßigem Feuer an der Luft fließt, so überzieht er sich mit einer gelbbraunen Haut, durch deren wiederholtes Abnehmen man ihn ganz in Wismuthasche

Digitized by Google

oder Wismuthkalk mit einer Gewichtszunahme von mehr als 8 Hundertheilen verwandeln kan. Dieser Kalk schmelzt so, wie die Blumen, zu einem gelben dichten Glase, das die Gefäße leicht durchdringt: er ist auch sehr leicht zu reduciren. Luft und Wasser greifen den Wismuth nicht merklich an.

Die Säuren wirken nicht gleich stark auf dieses Halbmetall. Die Vitriolsäure löset nur kalt den Kalk, den reguliniſchen Wismuth nicht anders, als im Kochen, mit Entbindung vieler Schwefelluft, auf. Die Salzsäure wirkt auch concentrirt nur schwach und durch anhaltendes Digeriren auf den Wismuth, wodurch sich eine ätzende Wismuthbutter bereiten läst. Dephlogistisirte Salzsäure bewirkt dies schneller und besser. Aber die Salpetersäure ist das eigentliche und wirksamste Auflösungsmittel des Wismuths; sie greift ihn mit Heftigkeit, Wärme und Entbindung einer sehr reinen Salpeterluft an. Die Auflösung ist klar und farbenlos. Sie schießt zu Krystallen an, welche einen Wismuthsalpeter darstellen. Mit recht viel reinem Wasser verdünnt, läst sie den gröſten Theil des Wismuths als einen schönen weissen Kalk fallen, welcher den Namen des **Wismuthweiß, Schminkweiß, Spaniſchweiß** (magiſterium bismuthi, *Blanc d' Eſpagne*) führt, und um 0,13 mehr, als der aufgelöſte Wismuth, wiegt. Die übrigen Säuren greifen mehrentheils nur den verkalkten, nicht den reguliniſchen, Wismuth an.

Mit dem Schwefel verbindet sich der Wismuth im Fluße sehr leicht zu einem künſtlichen Wismutherze aus glänzenden queer über einander liegenden Nadeln. Durch gelindes Röſten oder Kochen mit Salpeterſäure läst ſich der Schwefel wieder davon scheiden. Auch die Schwefelleber löset den Wismuth im Fluße auf, und schlägt ihn aus den Säuren, durch doppelte Wahlverwandſchaft, geſchwefelt und ſchwarz nieder. Daher gebraucht man die Auflöſung in Salpeterſäure, als eine ſympathetiſche Dinte, deren unſichtbare Schrift ſchwarz wird, wenn man ein mit Schwefelleberauflöſung angefeuchtetes Löſchpapier darauf legt.

Digitized by Google

Der Wismuth verbindet sich leicht mit den meisten andern Metallen, und macht sie bleicher und spröder. Mit dem Queckſilber amalgamirt er sich so leicht, daß er demſelben fast gar nichts von seiner Flüſſigkeit benimmt. Er wird daher oft zu Verfälschung des Queckſilbers gebraucht. Das bloße Durchdrücken durch Leder reinigt ein solches Queckſilber nicht, weil Wismuth und Bley mit ihm durch die Poren des Leders gehen.

Man findet den Wismuth in den meisten Kobalterzen, und zwar nach Bucquets Behauptung gediegen, so daß er mit dem Arſenik dieſer Erze in keiner Verbindung ſteht. Der Wismuthglanz iſt nichts anders, als der nadelförmige durch Schwefel vererzte Wismuth. Der gediegene Wismuth iſt kleinſchuppichter, als der durch Schmelzung erlangte, und meiſtens noch mit Silber, Eiſen und andern Metallen vermengt.

Man bedient ſich des Wismuths zu verſchiedenen Compoſitionen, zur Spiegelfolie, zum Löthen u. ſ. w. weil ein kleiner Antheil deſſelben die Schmelzbarkeit der Metalle ungemein vermehrt. So beſteht das Schnell- oder Zinnloth aus Zinn, Bley und Wismuth. Gleiche Theile Kupfer, Zinn und Wismuth geben ein weiches Metallgemiſch, worin man Münzen abdrücken kann. Gleiche Theile Bley, Zinn und Wismuth liefern eine Maſſe, die ſchon in der Siedhitze des Waſſers fließt, und mit etwas Queckſilber das unächte Mal- oder Muſivſilber ausmacht. Zum Abtreiben des Goldes und Silbers iſt der Wismuth ſelbſt dem Bleye vorzuziehen, weil er die unvollkommnen Metalle noch feiner zertheilt, und die Verglaſung der Kalke beſchleuniget.

Macquer chymiſches Wörterbuch, Art. Wismuth.

Gren ſyſtem. Handbuch der geſ. Chemie. II. Th. 2 Band, §. 2417 u. f.

Witterungslehre, ſ. Meteorologie.

Woche, Hebdomas, Septimana, *Semaine*. Ein Zeitraum von ſieben auf einander folgenden Tagen. Man

benennt die Tage jeder Woche mit den bekannten Namen, welche von den sieben Planeten des alten Systems (s. Planeten) auf folgende Art entlehnt sind.

Man zählt die Planeten nach der ptolemäischen Weltordnung von oben herab in der Reihe: Saturn, Jupiter, Mars, Sonne, Venus, Merkur, Mond. Giebt man nun von den 24 Stunden, aus denen Tag und Nacht bestehen, die erste dem obersten Planeten ♄, die zweyte dem ♃ u. s. w., und wiederholt die Reihe, wenn man einmal durch ist, von neuem, so wird nach 21 Stunden die Reihe dreymal zurückgelegt seyn, und die 3 übrigbleibenden Stunden des ersten Tages werden wiederum den drey ersten Planeten zugehören. Mithin kömmt die erste Stunde des zweyten Tages an den vierten Planeten ☉.

Am zweyten Tage fängt sich also von den drey Reihen der ersten 21 Stunden, jede mit ☉ an, die 3 letzten Stunden gehören den Planeten ☉, ♀, ☿, und die erste Stunde des dritten Tages kömmt an ☾, welcher von ☉ an gerechnet, der vierte ist.

Eben so erhellet, daß die erste Stunde jedes folgenden Tages an denjenigen Planeten kömmt, welcher von dem an gerechnet, der des vorigen Tages erste Stunde beherrschte, in der Ordnung der vierte ist. Schreibt man nun den ganzen Tag demjenigen Planeten zu, dem die erste Stunde desselben gehört, so fallen die sieben Tage der Woche den Planeten in folgender Ordnung zu:

1	2	3	4	5	6	7
♄	☉	☾	♂	☿	♃	♀

welche völlig mit der noch jetzt gewöhnlichen Benennung und Bezeichnung der Tage übereinstimmt.

Also scheint wenigstens die Benennung der Wochentage von einem astrologischen Aberglauben herzurühren, und bey Einführung derselben der Sonnabend den Anfang der Woche gemacht zu haben. Herodot (L. II.) und Dio Cassius (Hist. R. L. XXXVII.) schreiben die Periode von sieben Tagen, mit den Planeten verglichen, den Egyptiern zu. Einige, z. B. Blondel (Histoire du Calendrier Romain p. 13 sqq.) leiten die Ordnung, nach welcher die Ta-

Digitized by Google

ge den Planeten zugehören, wobey man immer vom ersten zum vierten springt, von dem musikalischen Intervall der Quarte her, welches die Grundlage der alten Tonleiter ausmachte, s. Ton.

Die Abtheilung der Zeit nach sieben Tagen kan wohl durch solche Vorstellungen von der Schöpfungsgeschichte, wie die mosaische ist, veranlasset worden seyn, und sich als ein Rest der patriarchalischen Religion bey den Völkern erhalten haben. Was de la Lande (Astron. L. VIII. 1534.) vermuthet, daß sie von den aller 7 Tage abwechselnden Mondphasen herrühre, ist nicht wahrscheinlich, da zween auf einander folgende ähnliche Mondsbrüche nicht auf einerley Wochentage fallen.

Kästner Anfangsgr. der Chronologie. Dritte Aufl. Göttingen, 1781. 8. §. 7.

Wolframmetall, s. Metalle (Th. III. S. 195. 196.)

Wolken, Nubes, *Nuages*, *Nuées*. Die sichtbaren Dünste im Luftkreise werden, wenn sie niedrig stehen, Nebel, wenn sie in größern Höhen schweben, Wolken genannt. Man kan also sagen, daß die Wolke ein höher in der Luft stehender Nebel sey. Sonst findet sich kein Unterschied zwischen beyden, wie auch daraus klar ist, weil sich aus aufsteigenden Nebeln Wolken bilden, und weil man auf dem Gipfel eines mit Wolken bedeckten Berges sich mit einem Nebel umgeben sieht. So solid auch eine Wolke dem entfernten Zuschauer aussehen mag, so muß man sich doch unter ihr nichts dichteres, als einen Nebel, vorstellen.

Dennoch scheinen die Wolken, weil man sie von aussen betrachtet, weit undurchsichtiger, als die Nebel, in denen sich das Auge selbst befindet. In diesen letztern empfindet man doch noch das schwache Licht, das sie von nahen Gegenständen durchlassen; da man hingegen an den Wolken blos das häufige Licht bemerkt, welches sie nicht durchlassen, sondern von ihrer äussern Fläche zurückwerfen. Diese Undurchsichtigkeit der Wolken, welche das Sonnenlicht abhält und den Himmel trüb macht, hängt von der ungleich-

Digitized by Google

förmigen Dichtigkeit ihrer Theilchen und des Mittels, worinn sie schweben, ab, und ist gröſser oder geringer, je nachdem die Gewölke dichter oder dünner, und von gröſserer oder geringerer Dicke sind. Ein dünnes Gewölk verstattet oft noch, die Sonnenscheibe mit geschwächtem Glanze zu sehen: man bediente sich sonst dieses Mittels, die Sonne ohne Gefahr der Augen durch Fernröhre zu betrachten. Wolken, die vor der Sonne stehen, erscheinen schwarz: da hingegen diejenigen Theile, welche durch reflectirtes Sonnenlicht sichtbar werden, eine weisse oder andere helle Farbe zeigen.

Daß nicht alle Wolken gleich hoch über der Erde stehen, kan man aus den verschiedenen Richtungen, nach denen sie vom Winde getrieben werden, bald bemerken. Die gröſte Höhe der Wolken übersteigt die Höhe der Berge; denn selbst auf die Gipfel der höchsten Gebirge fällt Schnee aus noch höhern Wolken herab. Auch hat Bouguer Wolken beobachtet, die 700 bis 800 Toisen über dem Gipfel des Chimboraço standen.

Die geometrischen Methoden, Höhen der Wolken aus zween Standorten zu messen, sind unsicher, weil sich Ort und Gestalt jeder Wolke unaufhörlich ändern, und entfernte Beobachter nie versichert seyn können, bey gleichzeitigen Winkelmessungen genau einerley Punkt der Wolke zu treffen. Inzwischen hat Riccioli solche Messungen veranstaltet, und versichert, die Höhe der Wolken nie über 25000 Fuß gefunden zu haben: Kepler setzte dieselbe nur auf eine Viertelmeile, welches offenbar zu wenig ist. Jacob Bernoulli (Nova ratio metiendi altitudines nubium, in Act. Erud. Lipſ. ann. 1688. p. 98.) schlägt vor, die Höhe der Wolken aus der Zeit zu suchen, welche vom Untergange der Sonne bis zu dem Augenblicke verstreicht, in welchem die rothe von der Erleuchtung durch die letzten Sonnenstralen herrührende Farbe der Wolke verschwindet, und giebt zur Auflösung dieses Problems Formeln für verschiedene Stellungen der Wolken. In der Ausübung möchte sich wohl hievon nicht viel Genauigkeit erwarten lassen, da der Weg der letzten Sonnenstralen durch den Luftkreis we-

Digitized by Google

gen der verschiedenen Dichte und Beschaffenheit der Dünste am Horizonte gar sehr veränderlich ist. Nach dem, was man auf den höchsten Bergen beobachtet hat, scheint sich die Höhe mancher Wolken bis auf eine Meile über die Erdfläche zu erstrecken.

Auch ihre Größe ist sehr verschieden. Mariotte (Discours sur le mouv. des eaux, chap. 3.) hat bey einigen die Länge über eine Meile gefunden. Bey einer kleinen Wolke kan man die Abmessungen aus der Größe ihres Schattens auf der Erdfläche finden, der wegen des Parallelismus der Sonnenstralen mit der Wolke selbst gleiche Länge und Breite hat. Die Dicke ist bey Bergreisen, wo man durch Wolken steigen muste, oft von etlichen Hundert bis Tausend Schuhen gefunden worden.

Ihre Gestalt und Größe ändert sich mit jedem Augenblicke, welches Musschenbroek den Bewegungen der Luft, den Trennungen und dem Hinzukommen neuer Dünste zuschreibt. An den Seiten sind ihre Grenzen sehr irregulär, wie schon der Anblick zeigt; die obere Fläche ist gewöhnlich ungleich und flockig, welches man deutlich sieht, wenn man sie auf den Bergen von oben her betrachtet; die untere Fläche ist ebner und glatt abgeschnitten.

Sie werden vom Winde mit eben der Geschwindigkeit fortgeführt, die die Luft selbst hat, mit der sie im Gleichgewichte stehen, obgleich zuweilen heftige Stürme, welche gegen ruhende Wolken stoßen, dieselben zertheilen, oder dichter zusammentreiben können. Von den Bergen scheinen sie angezogen zu werden, und versammlen sich gern um dieselben, obgleich Musschenbroek dieses blos vom Winde herleiten will, der die Wolken gegen die Berge treibe, wo sie aufgehalten würden und sich ansammleten, so wie sie in der windstillen Gegend hinter dem Berge ruhig blieben.

Musschenbroek wagt sogar einen Ueberschlag des Gewichts einer Wolke, die er aus 10 Theilen Luft gegen 1 Theil Dünste zusammensetzt. Da die Luft in Luft nicht wiegt, so hat er nur die Dünste zu berechnen, deren Gewicht den zehnten Theil einer mit der Wolke gleich großen Luftmasse ausmacht. Auf diese Art findet er das Gewicht

einer Wolke, welche 6000 Fuß lang, eben so breit, und 1000 Fuß dick ist, größer als 325 182 290 Pfund, welches noch immer sehr ansehnlich bleibt, wenn man gleich mit 10 oder 100 dividirt, d. h. wenn man gleich annimmt, daß die Dünste nur den hundertsten oder tausendsten Theil des Gewichts der Luft betragen.

Dies ist der kurze Inbegrif dessen, was sonst von den Wolken in der Physik gelehrt ward, in so weit es sich auf Beobachtungen gründete. Um die Art ihrer Bildung zu erklären, nahm man die Elektricität zu Hülfe, die ihre Theilchen umringe, in gewissen Abständen von einander erhalte, und dadurch die verschiedene Dichte und specifische Schwere veranlasse, nach welcher die Wolken entweder in höhern oder niedrigern Schichten der Atmosphäre schwebten. Das Herabfallen des Regens erklärte man aus der Verdichtung der Wolken durch den Wind oder durch Entziehung der Elektricität, alles so, wie es der damaligen ganz mechanischen Theorie der Ausdünstung und des Regens gemäß war.

Man hat aber seitdem durch vielfältige Erfahrungen entdeckt, daß in allen Nebeln und Wolken die Dünste in blasenförmiger Gestalt vorhanden sind. Hievon ist schon an mehrern Stellen dieses Wörterbuchs, und vorzüglich beym Worte **Dünste** (Th. I. S. 627 u. f.) das nöthige beygebracht worden, wohin ich hier der Kürze halber verweise. Mithin sind Wolken und Nebel ähnlich mit dem ebenfalls blasenförmigen Dunste, den die Aeolipile bildet, wenn die aus ihr hervorströmenden unsichtbaren Wasserdämpfe mit kalter Luft in Berührung kommen, oder mit dem Nebel, der im Kalten durch den Hauch entsteht.

Nach Herrn de Saussure, welcher die Ausdünstung als eine wahre Auflösung des Wasserdampfs in der Luft betrachtet, bleibt der aufgelöste elastische Dampf, so lang noch kein Niederschlag erfolgt ist, vollkommen durchsichtig, wie dies alle vollkommenen chymischen Auflösungen sind. Er behält diese Durchsichtigkeit bis zur Sättigung; sobald aber durch Uebersättigung (sie mag nun durch einen allzustarken Zufluß von Dünsten, oder durch Erkältung, oder

durch irgend eine andere Urſache erfolgen) ein Niederſchlag bewirkt wird, ſo nimmt derſelbe, wenn eine berührende Oberfläche vorhanden iſt, die Geſtalt des Thaues oder Reifs an; iſt aber keine dergleichen Oberfläche anzutreffen, ſo vereiniget er ſich entweder zu kleinen Tröpfchen oder Nadeln, welche die erſten Anlagen zu Regen und Schnee geben, und von de Sauſſure concrete Dünſte genannt werden, oder er nimmt durch einen hinzukommenden noch unbekannten Umſtand (der vielleicht von der Elektricität abhängt) auf einige Zeit die Form der Dunſtbläschen an. Aus dieſen Dunſtbläschen beſtehen nun die undurchſichtigen Nebel und Wolken; da hingegen von den concreten Dünſten, welche die Lichtſtralen durchlaſſen und brechen, die Veranlaſſung zu den Höfen und andern Meteoren entſteht, welche Regen verkündigen. Hört der Umſtand auf, der zur Bildung der Bläschen Anlaß gab, ſo verwandlet ſich ihr Waſſer in concreten Dunſt, der entweder ſogleich als Regen, Schnee, Hagel ꝛc. herabkömmt, oder auch noch eine Zeit lang ſchwebend im Luftkreiſe bleibt.

Herr de Lüc hingegen findet das Auflöſungsſyſtem unzureichend, die Phänomene der Ausdünſtung, Bildung der Wolken und Entſtehung des Regens zu erklären, und macht ſich von dem, was im Luftkreiſe hiebey vorgeht, ganz andere Vorſtellungen. Er glaubt nemlich, das Waſſer bleibe im Luftkreiſe während der Zwiſchenzeit zwiſchen ſeinem Aufſteigen als Dampf und ſeinem Zuſtande als Wolke, Regen, Schnee ꝛc. in einer veränderten Form verborgen, in welcher es kein Waſſer, keine Feuchtigkeit mehr ſey, ſondern eher eine Luftart ausmache, und gar nicht aufs Hygrometer wirke. Davon überzeugt ihn die große und faſt immer anhaltende Trockenheit der obern Luftſchichten, welche durch alle Beobachtungen des Hygrometers auf Bergen beſtätiget wird, und die Unmöglichkeit, eine Menge beym Regen vorkommender Phänomene aus den Geſetzen der Hygrologie allein zu erklären. Nach dem Auflöſungsſyſteme z. B. können Dunſtbläschen oder concrete Dünſte nicht eher entſtehen, als bis die Luft mit aufgelöſter Feuchtigkeit völlig geſättiget iſt. Herr de Lüc ward aber ein-

Digitized by Google

mal auf dem Buet bey großer Trockenheit der Luft (da das Thermometer 45½ Grad nach Fahrenheit zeigte, und das Hygrometer 66½ Grad von der Sättigung entfernt war) plötzlich von einem 18stündigen Regen mit Sturm, Hagel und Donner überfallen, der in allen benachbarten Gebirgen und Ebnen eben so lang fortdauerte; und nachdem alles vorüber war, zeigte die Luft eben den Grad der Feuchtheit, wie vorher. Eine solche Erscheinung, bey der auch die Ursache nicht in der Erkältung der Luft liegen konnte, zeigt wohl, daß der Regen nicht schlechthin der umgekehrte Verdampfungsproceß seyn kan.

Was de Lüc gegen D. Hutton's Theorie, daß die Feuchtigkeit bey Vermischung zwoer ungleich warmer Luftmassen größer werde, und gegen die daraus abgeleitete Erklärung der Wolken und des Regens erinnert, ist bereits beym Worte Regen (Th. III. S. 659.) angeführt worden. Diese Theorie erklärt nur eine augenblickliche Entstehung von Wolken, welche bald wieder verschwinden und sich in der Luft auflösen müssen, so wie der sichtbare Hauch der Thiere in der Kälte sogleich wieder verschwindet. Uebrigens scheint Herrn de L. dieser Hauch der Thiere noch etwas von dem gewöhnlichen Verdampfen verschiedenes zu seyn, dessen Erklärung vielleicht nicht der Hygrologie allein, sondern zum Theil der Physiologie zugehöre.

Herr de Sauſſure findet selbst, daß ein pariser Cubikfuß Luft, bey der Wärme von 70 fahrenheitischen Graden, im Zustande der vollkommenen Sättigung, nicht mehr, als 10 Gran Wasser, enthalten könne. Dies ist aber zu Erklärung der Menge von Wasser, welche die Wolken herabgießen, schlechterdings nicht zureichend; daher Hr. de S. darauf rechnen muß, daß sich diese große Wassermenge in Gestalt des Vesicularniederschlags im Luftkreise aufhalte, bey welchem es für die Menge der Bläschen in einem bestimmten Raume keine andere Grenze, als ihre unmittelbare Berührung, gebe. Herr de Lüc zeigt dagegen mit großer Stärke, wie wenig dies zu Erklärung des Regens hinreiche, und wie Herr de S. dieses selbst fühle, und daher zu Unterhaltung des Regenquells ein fortdauerndes

Aufsteigen der Dämpfe und einen verticalen Wind anzunehmen genöthiget sey. Herr de Lüc beweist aber, daß es einen solchen verticalen Wind nicht gebe, nicht geben könne, und daß er, wenn es einen gäbe, doch nur Regen nach Regen, nicht aber das ganze Phänomen erklären würde (s. Th. III. S. 658.)

Er erklärt inzwischen die Wolken ebenfalls für Sammlungen von Bläschen, und vermuthet, daß die Ursache, die sie zur Vesiculargestalt aufschwelle, zum Theil Feuer sey, weil sie dem Körper, den sie benetzen, zugleich fühlbare Wärme mittheilen. Schon in seinen Untersuchungen über die Atmosphäre (I Band, §. 694.) hat er hierüber eine am 30 May 1756 auf dem Berge Saleve bey Genf gemachte Beobachtung angeführt, da bey heiterer Luft das freye Thermometer in der Sonne + 4⅔ der delücschen Scale zeigte. Es stieg eine Wolke, die sich unten gebildet hatte, durch diesen Ort auf, verbarg Sonne und Ebne, benetzte das Thermometer und den Strauch, an dem es hieng, und brachte jenes auf + 5½. Als sich die Wolke gehoben hatte, und die Sonne wieder erschien, sank das Thermometer auf + 4⅔ zurück.

Die Entstehung der Wolken erklärt Herr de Lüc auf eine sinnreiche Art daraus, daß die Dünste bey jeder Temperatur ein gewisses Maximum ihrer Menge in einem bestimmten Raume haben, das sie nicht überschreiten können, ohne sich zum Theil zu zerstören. Alsdann ist der Hang der Wassertheilchen, sich mit einander selbst zu vereinigen, stärker, als ihr Hang, mit dem Feuer vereiniget zu bleiben. Wenn dieses Maximum plötzlich überschritten wird, so entstehen allemal Bläschen. Es vereinigt sich ein Theil Wasser, dessen Feuer frey wird, und sich mit dem noch übrigbleibenden Theile der Dünste verbindet. Vielleicht werden die Wassertheilchen durch diese elastischen Dünste, welche noch fortfahren, unter ihnen zu existiren, und durch das Feuer, welches in denselben zurückbleibt, genöthigt, die Form der Bläschen anzunehmen. Die Bläschen vertragen, ohne zu gefrieren, eine größere Kälte, als Wasser: gefrieren sie aber endlich, so werden sie zerstört und in Schnee

verwandelt, deſſen Geſtalten ſehr deutlich den Hang der Waſſertheile verrathen, beym Verluſte ihres latenten Feuers regelmäßige Formen anzunehmen.

Nebel und Wolken ſind nach Herrn de L. Vorſtellung nur von kurzer Dauer. Sie ſcheinen uns zwar beſtändige und eine geraume Zeit lang bleibende Körper zu ſeyn; aber es iſt dies eine bloße Täuſchung. Vielmehr zerſtören ſich die Bläschen beſtändig durch Verdünſtung in der Luft; aber es entſtehen ſofort neue an der Stelle der vorigen. Nach dieſem Begriffe gehören nun die Wolken unter die bewundernswürdigſten Gegenſtände der Natur; ſie ſind Erſcheinungen, die alle Augenblicke vergehen und von neuem entſtehen (in dieſem Stücke ganz der Lichtflamme ähnlich). In ihnen zeigt das Hygrometer die gröſte Sättigung; ganz nahe bey ihnen nichts weniger, als dieſes (eben wie in der Lichtflamme die gröſte Hitze, nahe bey ihr nur mäßige Wärme empfunden wird). Da nun die Wolken doch immer zu bleiben ſcheinen, während ſie beſtändig verdünſten, ſo muß ein unerſchöpflicher Quell da ſeyn, aus dem ſie immer von neuem entſpringen (wie beym Verbrennen die Flamme aus dem brennenden Körper und der Luft unterhalten wird). Wo dieſer Quell liege, bleibt noch zu unterſuchen; er wird aber ſehr wahrſcheinlich in irgend einer Urſache gefunden werden, welche die Rückkehr des latenten Waſſers, das ſich unter anderer Form im Luftkreiſe verbarg, in die Geſtalt der Dünſte ſchleunig befördert.

Daß die Wolken verdünſten, ſelbſt dann, wenn ſie ſich vergrößern, kan man nach Herrn de Lüc ſehr deutlich ſehen, wenn man die Augen auf ihren zerſchnittenen Rand heftet, indem dieſer das Blaue des Himmels zum Grunde hat. Man ſieht alsdann ganze Zweige von ihnen verſchwinden, andere ſich bilden, ausdehnen und ſelbſt neue Zweige hervorbringen. Die Wolke ſtellt die Idee eines unſichtbaren Keſſels dar, der in der Luft ſchwebt, und in welchem Waſſer mit Heftigkeit kocht. Es ſcheint in der Luft eine allgemeine Quelle von Dünſten zu ſeyn, welche unter gewiſſen Umſtänden dergleichen hergiebt; dieſe Dünſte werden an dem Orte ſelbſt erzeugt, wo ſich die Wolke bildet; nur

Digitized by Google

durch die Fortdauer dieſer Erzeugung erhalten ſich die Wolken, und vergrößern ſich ſogar, ob ſie gleich ringsum verdünſten. Sie zerſtreuen ſich endlich, wenn dieſe Quelle verſiegt, und ihre Ausdünſtung nicht mehr durch Bildung neuer Dünſte erſetzt wird.

Die Wolken, welche Regen verbreiten, ſind von den bisher betrachteten nur darinn verſchieden, daß die Urſache, welche ihnen Dünſte verſchaft, in einem ſehr großem Uebermaße wirkt. Die gebildeten Bläschen, welche ſich weder ſchnell genug ausdehnen noch verdünſten können, berühren ſich hier ſchon im Schooße der Wolken ſelbſt, wodurch ein Theil von ihnen zerſtört wird. Alle Bläschen, welche ſich berühren, vereinigen ſich, und es bilden ſich allmählig ziemlich große Blaſen, von denen das Waſſer ringsum abfließt, bis endlich ihr oberer Theil ſo dünn wird, daß ſie zerplatzen. Alsdann bilden ſie Tropfen, welche ſich im Fallen vergrößern und andere Bläschen mit ſich fortreiſſen oder mit Waſſer überladen, woraus die Franzen oder Flocken entſtehen, welche man ſo oft von den Regenwolken herabhängen ſieht, ſ. Regen.

Freylich bleibt bey dieſer ſinnreichen Theorie der Wolken noch vieles dunkel. Noch hat man von der Quelle der Erzeugung der Dunſtbläschen keinen deutlichen und beſtimmten Begrif. Auch iſt es ſchwer zu erklären, warum das Barometer fällt, wenn ſich große Wolken erzeugen, und warum es wieder ſteigt, ſobald es anfängt zu regnen. Herr de Lüc ſelbſt geſteht, daß ihm ſeine Hypotheſe in Rückſicht der Veränderungen des Barometers an einem und ebendemſelben Orte (*barometre ſedentaire*) noch nicht Gnüge leiſte. Zwiſchen den Wendekreiſen giebt es faſt gar keine Barometerveränderungen, obgleich die Abwechſelungen der Ausdünſtung und des Regens eben ſo häufig, vielleicht noch häufiger, als anderwärts, ſind. Aber dies iſt eine Schwierigkeit, die bey jeder Erklärungsart des Regens ſtatt findet, und alſo keine beſondere Einwendung gegen Herrn de Lüc Syſtem veranlaſſen kan.

Herr de Lüc hat ſeitdem noch in einigen Briefen an de la Metherie (Obſerv. ſur la phyſique etc. par MM.

Rozier, *Mongez* et *de la Metherie* To. XXXVI. 1790. Mars, p. 197 ſqq. Avril, p. 176 ſqq. überſ. in Gren Journal d. Phyſik, 6tes Heft, S. 402 u. f. 7tes Heft, S. 132 u. f.) das Syſtem der Auflöſung des Waſſers in der Luft mit ſehr ſtarken Gründen beſtritten. Er nennt es eine ſchwankende Hypotheſe ohne feſten Grund, unnütz zur Erklärung der Erſcheinungen, die es doch ganz allein zur Abſicht habe, und behauptet, daß es über alle Theile der Phyſik die gröſte Dunkelheit verbreite. Auch Herr Pictet (Verſuche über das Feuer, a. d. frz. Tübingen, 1790. 8. Cap. 7.) verwirft das Auflöſungsſyſtem. Indeſſen hat Herr Hube (Ueber die Ausdünſtung und ihre Wirkungen in der Atmoſphäre. Leipzig, 1790. gr. 8.) daſſelbe wiederum ſcharfſinnig vertheidigt, ohne jedoch damals die allerneuſten Einwendungen des Herrn de Lüc zu kennen. Aus dieſen Schriften könnte ich eine ziemlich ſtarke und lehrreiche Ergänzung zu dem Artikel Ausdünſtung liefern; ich ſchränke mich aber hier billig darauf ein, die Vorſtellung beyzufügen, die ſich Herr Hube, dem Auflöſungsſyſtem gemäß, von den Wolken macht.

Er betrachtet die Wolken als Sammlungen niedergeſchlagner Bläschen, unterſcheidet ſie aber durch ihre negative Elektricität von den Nebeln, welche meiſtens eine poſitive Elektricität zeigen. Er glaubt, die Luft werde durch die Reibung der Wolke poſitiv elektriſch, und ſo häufe ſich die negative Elektricität in der Wolke, als in einem iſolirten Reibzeuge, an. Dieſe Elektricität nimmt zu, wenn die Bläschen einander näher kommen; wenn aber Nebel und Wolken ihre Elektricität bis auf einen gewiſſen Grad verlieren, ſo fließen ſie zuſammen und regnen. Die eigenthümliche Schwere der Wolken wird theils durch die Ausdehnung von der Sonnenwärme, theils durch die Veränderungen der Auflöſungskraft der Luft, theils durch Verluſt der Feuchtigkeit mittelſt des Regens, Hagels und Schnees, theils auch durch die Elektricität verändert. Dieſe letztere bringt viele Wolken zum Anſchwellen, und dadurch zum Steigen, die bey Berührung der Berge, welche ihnen die

Digitized by Google

Elektricität wieder entziehen, plötzlich zusammenschwinden und herabsinken.

Herr Hube sieht es als einen entschiedenen Satz an, daß durch mitgetheilte Elektricität die Auflösungskraft der Luft geschwächt, mithin der Niederschlag in selbiger befördert werde. Daher komme es, daß sich unter allen Arten von Wolken keine so schnell, als die Gewitterwolken, vergrößern. Die ursprüngliche Elektricität der Luft thut diese Wirkung nie; sie ist vielmehr gewöhnlich am stärksten, wenn die Luft die stärkste Auflösungskraft hat. So vergrößern sich die Wolken hauptsächlich durch ihre eigne Elektricität, die sie der Luft mittheilen, woraus die Ungewitter erklärt werden, die mit der Erscheinung eines kleinen Wölkchens anfangen.

In der untern Luft können nur Wolken durch Erkältung entstehen, wenn die Luft nach oben zu feuchter, als unten, ist, oder wenn leichte sehr feuchte Luftmassen sich in die obern Gegenden erheben. Dies letztere wird vornehmlich durch die aus der Erdfläche häufig entwickelte brennbare Luft veranlasset, deren besondere Brechbarkeit zu vielen sonderbaren optischen Erscheinungen Gelegenheit giebt. Herr H. untersucht umständlich, unter welchen Umständen und in welchen Gegenden der Erde die aufsteigenden Massen brennbarer Luft Wolken bilden können, und wendet dies auf die Erklärung vieler Beobachtungen an.

In der obern Luft entstehen die meisten Wolken durch elektrische Ausströmungen. Dieser Satz wird besonders durch die merkwürdige Gestalt derjenigen Wolken wahrscheinlich, welche sich so oft in der Höhe in schichtweise geordneten kleinen Flocken bilden, und unter dem Namen des gelämmerten Himmels als Anzeige eines bevorstehenden Regens betrachtet werden.

Die Wolken werden durch den Regen oder Schnee nie ganz erschöpft, sondern bleiben noch immer übrig, wenn gleich das Herabfallen der Feuchtigkeit aufgehört hat. Sie verlieren zuletzt ihre Elektricität, und erheben sich durch ihre vergrößerte specifische Leichtigkeit. Nur durch Auflösung in der Luft oder durch Zertheilung vom Winde verschwinden

Digitized by Google

ſie gänzlich. Die Wirkung des groben Geſchützes auf Zertheilung der Gewölke leitet Herr Hube nicht vom Schalle, ſondern von der Entzündung des Pulvers und von der daraus entwickelten elaſtiſchen Materie her.

Er glaubt, wenn irgend ein Theil der Luft ſelbſt ſich in Waſſer verwandelte, ſo müſte ſowohl die Bildung der Wolken, als ihre Auflöſung in Regen, weit merklichere Veränderungen im Stande des Barometers verurſachen, und es wäre unmöglich, daß dieſes Werkzeug während des Regens, oder gleich nach demſelben, jemals ſteigen könnte, wie es doch gewöhnlich zu thun pflege. Die Verwandlung der Luft in Waſſer ſey überhaupt ſo unwahrſcheinlich, daß er ſie gar nicht erwähnen würde, wenn nicht ein ſo berühmter Phyſiker, als Herr de Lüc, ihr Beyfall gegeben hätte.

v. Muſſchenbroek, Introd. ad philoſ. nat. To. II. §. 2329 ſqq.

de Sauſſure Eſſais ſur l'hygrometrie. à Neuchatel, 1783. 8 maj. Eſſai III. ch. 1 et 2.

de Lüc neue Ideen über die Meteorologie, a. d. Frz. Berlin und Stettin, 1788. gr. 8. II. Theil, 3te Abtheil. 1ſtes Kapitel.

Mich. Hube über die Ausdünſtung und ihre Wirkungen in der Atmoſphäre. Leipzig, 1790. gr. 8. II Buch, Kapit. 41—56. S. 239 u. f.

Wurf, Wurfbewegung, Jactus, Projectio, Motus projectorum ſ. projectilium, *Projection*, *Jet*, *Mouvement des projectiles ou des corps projettés*. Wenn ein bewegter Körper während ſeiner Bewegung durch eine unveränderliche Kraft immer nach parallelen Richtungen getrieben wird, welche nicht in die Richtung ſeiner Bewegung ſelbſt fallen, ſo muß er dem gemäß, was bey den Worten Bewegung, krummlinigte, ungleichförmigbeſchleunigte, zuſammengeſetzte, erinnert worden iſt, einen krummlinigten Weg nehmen. So wird ein ſchwerer Körper auf der Erdfläche A, Taf. XXVII. Fig. 90. nach der ſchiefen Richtung ANC geworfen oder abgeſchoſſen, an allen Stellen ſeines Weges von der Schwere nach den parallelen Richtungen NMQ, CDE u. ſ. w. abwärts getrieben, mit-

Digitized by Google

hin von der geraden Linie ANC abgelenkt und in der krummen Bahn AMDB fortbewegt. Hiebey heißt die Bewegung, welche dem Körper bey A durch die Hand eines Menschen, durch die Kraft eines Geschützes u. s. w. mitgetheilt wird, der **Wurf**; und die Bewegung in der Bahn AMDB, welche aus der Verbindung des Wurfs mit der Wirkung der Schwere (oder überhaupt jeder unveränderlichen nach parallelen Richtungen wirkenden Kraft) entsteht, die **Wurfbewegung**.

Betrachtet man die Schwere als eine Kraft, die sich stets nach dem Mittelpunkte der Erde richtet, und im verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung von diesem Mittelpunkte steht, so wird aus der Wurfbewegung eine wahre Centralbewegung, für welche der Mittelpunkt der Kräfte im Mittelpunkte der Erde liegt, und wobey sich alles nach den beym Worte Centralbewegung (Th. I. S. 474 u. f.) angegebnen Gesetzen richten muß. Wenn alsdann D denjenigen Punkt der Bahn vorstellt, in welchem die Richtung des bewegten Körpers mit der Richtung der Schwere DE rechte Winkel macht, oder durch welchen der geworfene Körper horizontal durchfliegt, so ist das dortige a = dem Abstande des Punkts D vom Mittelpunkte der Erde, oder ohngefähr dem Halbmesser der Erde gleich; was dort c hieß, ist der Raum, durch den die Schwere den Körper bey D treiben würde, den wir in allen unsern Formeln g genannt haben, also c = g; endlich ist c die Geschwindigkeit, mit welcher der Körper in D fortgeht. Nach den Gesetzen also, welche dort (Th. I. S. 475.) vorkommen, wird die Bahn ADB ein Stück eines Kegelschnitts seyn, von dem ein Brennpunkt im Mittelpunkte der Erde liegt, dessen große Axe $= \frac{4a^2c}{4ac-c^2}$, und dessen Parameter $= \frac{c^2}{c}$ oder $\frac{c^2}{g}$ ist.

Wenn die Geschwindigkeit c mäßig ist, oder in einer Secunde durch einen Raum treibt, der mit a, dem Halbmesser der Erde, in keine Vergleichung kömmt, so wird

Digitized by Google

$4ae > c^2$, und die krumme Linie eine **Ellipse** seyn. Jeder horizontal oder schief geworfene Stein würde also (ohne den Widerstand der Luft), wie ein Mond der Erde, in einer Ellipse um ihren Mittelpunkt, als Brennpunkt, umlaufen, wenn es einen durch die Erdkugel hindurch ausgehöhlten Canal gäbe, in welchem er seine Centralbewegung ohne Anstoß fortsetzen könnte. Stößt er aber bey B wieder auf den horizontalen Boden AB, so ist gewöhnlich das wirklich beschriebne Stück dieser Ellipse so klein, daß es mit dem Halbmesser der Erde, oder mit der großen Axe der Ellipse selbst, gar nicht in Vergleichung kömmt. So darf man zur Erleichterung der Berechnung ohne Fehler annehmen, der Mittelpunkt der Erde sey **unendlich entfernt**. Unter dieser Voraussetzung wird die Schwere durch den ganzen Raum ADB eine **unveränderliche Kraft**, ihre Richtungen laufen erst im Unendlichen, d. i. gar nicht zusammen, oder werden **parallel**, und die Centralbewegung verwandelt sich für diesen besondern Fall in **Wurfbewegung**.

Wenn die große Axe einer Ellipse unendlich wächst, so nähert sich die Curve selbst einer **Parabel**, und man darf endliche Stücken von ihr als paraboliſch betrachten, eben so, wie man die sichtbaren Stücken der elliptischen Kometenbahnen als Stücken einer Parabel ansieht, s. **Kometen** (Th. II. S. 788). Mithin ist der Weg horizontal oder schief geworfener Körper auf der Erdfläche paraboliſch.

Horizontaler Wurf.

Wird der Körper von D aus **horizontal** mit der Geschwindigkeit c geworfen oder abgeschossen, so beschreibt er eine Parabel, deren Scheitel in D, und deren **Parameter** $= \frac{c^2}{g}$, d. i. **die dritte Proportionallinie zu dem Fallraume schwerer Körper in einer Sec. und der Geschwindigkeit c ist.** Weil der Geschwindigkeit c die Höhe $\frac{c^2}{4g}$ zugehört, so ist auch **der Parameter die vierfache der Geschwindigkeit im Scheitel D zugehörige Höhe.**

Digitized by Google

Ich habe diese Sätze hier aus der allgemeinen Theorie der Centralbewegungen herleiten wollen, um ihre Verbindung mit derselben darzustellen. Sonst lassen sich dieselben weit leichter auf folgende Art erweisen. Taf. XXVII. Fig. 91. werde ein Körper aus D mit der Geschwindigkeit c in der Horizontallinie DNnν geworfen. Mit dieser Geschwindigkeit würde er am Ende der Zeit t einen Raum DN = PM = ct zurückgelegt haben. In eben der Zeit aber hat ihn die Schwere senkrecht durch einen Raum NM = gt^2 herabgetrieben, s. Fall der Körper (Th. II. S. 117.). Mithin befindet er sich am Ende der Zeit t in einem Punkte M, für welchen $PM^2 = c^2t^2$ und NM – DP = gt^2, mithin allemal

$$PM^2 = \frac{c^2}{g} \cdot DP;\ pm^2 = \frac{c^2}{g} \cdot Dp \text{ u. s. w.}$$

ist. Dies ist die Gleichung für eine Parabel, deren rechtwinklichte Coordinaten DP und PM; Dp und pm u. s. f. aus dem Scheitel D auf der Axe Dπ genommen sind, und deren Parameter = $\frac{c^2}{g}$ ist. Folglich liegen alle Punkte, durch die der Körper (oder sein Schwerpunkt) geht, in einer solchen Parabel DMmμ.

Man pflegt dies in der Experimentalphysik durch eigne Versuche zu bestätigen, wozu die sogenannten paraboliſchen Maſchinen gebraucht werden. Es wird das Bret AOπD am obern Theile nach der Gestalt einer beliebigen krummen Linie ABD ausgeschnitten, und mit Elfenbein oder einer andern wohl geglätteten Materie ausgelegt, um das Reiben möglichst zu vermeiden. Die Krümmung sey, welche sie wolle; nur muß sie am Ende D völlig horizontal ausgehen. Wenn man nun einen glatten schweren Körper, z. B. eine Metallkugel, von A aus auf ABD hinabfallen läßt, so wird dieser Körper bey D eine horizontale Richtung DN, und diejenige Geschwindigkeit erhalten, welche der lothrechten Höhe seines Falles AE zugehört, s. Fall der Körper (Th. II. S. 127.). Stellt man nun an die Seite Dπ ein anderes rechtwinklichtes Bret Dνμπ, worauf die

halbe Parabel DMmμ vom Scheitel D und vom Parameter 4AE gezeichnet ist, so wird die herabfallende Kugel von D aus den Weg nehmen, den diese Parabel vorzeichnet, und wenn man bey M, m, μ, Ringe anbringt, so wird sie durch dieselben hindurchfliegen.

Nimmt man auf der wagrechten Seiten des Brets DN, Nn, nν gleich groß, so werden die lothrechten Linien NM, nm, $\nu\mu$, wie 1, 4, 9 wachsen; und wenn Dπ = AE genommen wird, so wird nach den Eigenschaften der Parabel $\pi\mu$ = 2AE seyn. Daher werden die Abtheilungen DN = Nn = $\frac{1}{3}$AE; DP = $\frac{1}{9}$AE; Dp = $\frac{4}{9}$AE, woraus sich die Punkte M, m, leicht ergeben. Eine solche paraboliſche Maſchine beſchreibt 's Graveſande (Phyſices elem. mathem. Lugd. Bat. 1725. 4maj. To. I. c. 20. Tab. XIII.). Der Widerſtand der Luft ändert freylich im Erfolge etwas ab, daher man die Ringe groß, die Kugel hingegen klein und ſchwer machen muß.

Die Zeit t, in welcher der paraboliſche Bogen DM zurückgelegt wird, iſt (weil $NM = gt^2$) = $\sqrt{\frac{Dp}{g}}$; und für die Geſchwindigkeit v an der Stelle M findet man aus der Formel $vdt = ds$ nach gehöriger Berechnung

$$v^2 = c^2 + 4g \,.\, DP.$$

Schiefer Wurf.

Wird ein Körper vom Boden A, Taf. XXVII. Fig. 90., nicht in der Horizontallinie AB, ſondern nach der Richtung AN, die mit AB den ſchiefen Winkel NAB = α macht, und mit der anfänglichen Geſchwindigkeit = k geworfen; ſo läſt ſich dieſe Geſchwindigkeit in eine horizontale nach AQ, und eine verticale nach QN zerlegen. Jene iſt = k . cos α; dieſe = k . sin α, ſ. Zerlegung der Kräfte und Bewegungen. Auf jene wirkt die Schwere gar nicht; ſie bleibt alſo ungeändert, und der Körper wird in der Zeit t, in der er mit der Geſchwindigkeit k nach N gelangt ſeyn würde, horizontal eben ſo weit fortgerückt ſeyn, als wenn die Schwere gar nicht gewirkt hätte, d. h. er wird ſich am Ende der Zeit t in der Verti-

Digitized by Google

callinie QN befinden, wo $AQ = k \cdot \cos\alpha \cdot t$ ist. Aber der verticalen Bewegung durch $QN = k \cdot \sin\alpha \cdot t$ wirkt die Schwere des Körpers gerade entgegen, und macht also, daß der Körper am Ende der Zeit t nicht in N, sondern etwas tiefer in M ist, nemlich um so viel tiefer als der Raum $NM = gt^2$ erfordert, durch welchen die Schwere den Körper während der Zeit t niedertreibt. So hat man für die Stelle M am Ende der Zeit t

$$AQ = k \cdot \cos\alpha \cdot t$$
$$QM = QN - NM = k \cdot \sin\alpha \cdot t - gt^2.$$

Für die Stelle B, wo der geworfene Körper den horizontalen Boden AB, oder überhaupt die Horizontalebne durch A, wieder erreicht, wird $QM = 0$; mithin $k \cdot \sin\alpha = gt$, und $t = \frac{k \cdot \sin\alpha}{g}$. Substituirt man diesen Werth von t in der Formel für AQ, welches sich für die Stelle B in AB verwandelt, so erhält man die Weite des Wurfs

$$AB = \frac{k^2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha}{g} = \frac{k^2 \cdot \sin 2\alpha}{2g}$$

s. Weite des Wurfs.

Für die Stelle D, wo der Körper die gröste Höhe über dem Boden erreicht, oder wo QM ein Gröstes wird, muß $dQM = k \cdot \sin\alpha \cdot dt - 2gtdt = 0$ seyn. Hieraus folgt $t = \frac{k \cdot \sin\alpha}{2g}$, oder halb so groß, als für die Stelle B. Dies in der Formel für AQ substituirt, giebt $AE = \frac{1}{2}AB$; und in der Formel für QM, welches sich durch diese Substitution in DE verwandelt,

$$DE = \frac{k^2 \cdot \sin\alpha^2}{2g} - \frac{k^2 \cdot \sin\alpha^2}{4g} = \frac{k^2 \cdot \sin\alpha^2}{4g}$$

Daß die Bahn auch hier eine Parabel sey, folgt schon aus der vorausgeschickten allgemeinen Betrachtung der Wurfbewegungen. Will man diese Parabel auf ihren verticalen durch A gehenden Durchmesser beziehen, daß z. B. für die Stelle M, die Abscisse $= NM = gt^2$, die halbe Ordinate $= AN = kt$ wird, so fällt die Gleichung eben so aus,

Digitized by Google

wie beym horizontalen Wurfe, und es wird der zu diesem Durchmesser gehörige Parameter $= \frac{k^2}{g}$.

Will man aber diese Curve lieber auf rechtwinklichte Coordinaten bringen, und die Abscissen DP vom höchsten Punkte D anfangen lassen, so wird

$$DP = DE - QM = \frac{k^2 . \sin\alpha^2}{4g} - k . \sin\alpha . t + gt^2$$

$$PM = AE - AQ = \frac{k^2 . \sin\alpha . \cos\alpha}{2g} - k . \cos\alpha . t$$

$$PM^2 = \frac{k^4 . \sin\alpha^2 . \cos\alpha^2}{4g^2} - \frac{k^3 . \sin\alpha . \cos\alpha^2}{g} + k^2 . \cos\alpha^2 . t^2$$

$$\text{also } PM^2 = \frac{k^2 . \cos\alpha^2}{g} . DP$$

Dies ist aber die Gleichung für eine Parabel, die D zum Scheitel, und $\frac{k^2 . \cos\alpha^2}{g}$ zum Parameter hat. Es wird daher beym schiefen Wurfe eben die Parabel beschrieben, deren Helfte DB beym horizontalen Wurfe aus D mit der schwindigkeit $c = k . \cos\alpha$ würde beschrieben worden seyn, und welche nach dem vorigen die vierfache der Geschwindigkeit $k . \cos\alpha$ zugehörige Höhe zum Parameter hat.

Der Brennpunkt F dieser Parabel steht vom Scheitel D um den vierten Theil des Parameters ab; mithin ist DF der Höhe selbst gleich, welche der Geschwindigkeit c oder $k . \cos\alpha$ zugehört.

Die Zeit t, in welcher das Stück AM zurückgelegt wird, ist $= \frac{AN}{k} = \frac{AQ . \sec\alpha}{k}$, und verhält sich also (weil k und α beständige Größen sind) wie AQ, so daß der geworfene Körper in gleichen Zeiten gleich weiten horizontalen Fortgang hat, weil nemlich seine horizontale Geschwindigkeit $k . \cos\alpha$ überall ungeändert bleibt. Die ganze

Zeit durch ADB ist $= \frac{AB \cdot \sec\alpha}{k} = \frac{k \cdot \sin\alpha}{g}$, wie oben schon gefunden war.

Die Geschwindigkeit v an der Stelle M ist aus der horizontalen Geschwindigkeit $k \cdot \cos\alpha$, und der verticalen $k \cdot \sin\alpha - 2gt$ zusammengesetzt. Mithin ist ihr Quadrat

$$v^2 = k^2 \cdot \cos\alpha^2 + k^2 \cdot \sin\alpha^2 - 4gk \cdot \sin\alpha \cdot t + 4g^2t^2$$
$$= k^2 \cdot \cos\alpha^2 + 4g \cdot DP$$

und die ihr zugehörige Höhe $= \frac{k^2 \cdot \cos\alpha^2}{4g} + DP = DF + DP$.

Nach den Eigenschaften der Parabel ist allemal DF + DP = FM. Daher ist für jede Stelle M die aus dem Brennpunkte F dahin gezogne Linie FM der Höhe gleich, welche der Geschwindigkeit des Körpers in M zugehört. So ist AF die Höhe, welche der anfänglichen Geschwindigkeit k zugehört; und weil AF = FB, so sind die Geschwindigkeiten in A und B gleich, oder der Körper erreicht den Boden wieder mit eben der Geschwindigkeit, mit welcher er von A ausgieng.

Die Tangente des Winkels TMP, den die Richtung der Bahn bey M mit der Horizontallinie MP macht, ist $= \frac{PT}{PM}$ oder gleich der Subtangente der Parabel PT, durch die halbe Ordinate PM dividirt. Nun ist aus der Natur der Parabel die Subtangente PT der doppelten Abscisse DP gleich, mithin

$$\text{tang TMP}^2 = \frac{4DP^2}{PM^2} = \frac{4g \cdot DP^2}{k^2 \cdot \cos\alpha^2 \cdot DP} = \frac{4g \cdot DP}{k \cdot \cos\alpha^2}$$

Das Quadrat dieser Tangente verhält sich also, wie DP, oder die Tangente selbst, wie $\sqrt{DP}$. Daher verschwindet sie für die Stelle D, wo DP = o, und hier fällt die Richtung der Bahn in die Horizontallinie selbst; hingegen für Stellen, wie M und m, die zu einerley DP gehören, sind die Winkel der Bahn mit dem Horizonte gleich groß, und weil auch A und B solche Stellen sind, so trift der Körper

Digitized by Google

den Boden in B wiederum unter eben dem Winkel α, unter welchem er bey A von demselben ausgieng.

Wenn bey zween Würfen die Winkel α gleich, aber die anfänglichen Geschwindigkeiten k verschieden sind, so verhalten sich die Weiten, die gröſten Höhen und die Parameter der Würfe, wie die Quadrate der Geschwindigkeiten, oder wie die ihnen zugehörigen Höhen; die Zeiten aber, in welchen die Bahn ADB zurückgelegt wird, wie die Geschwindigkeiten selbst.

Wenn hingegen bey zween Würfen die anfänglichen Geschwindigkeiten k gleich, und die Winkel verschieden sind, so verhalten sich die Weiten der Würfe, wie die Sinus der doppelten Winkel; ihre gröſten Höhen, wie die Quadrate der Sinus; und ihre Parameter, wie die Quadrate der Cosinus beyder Winkel; die Zeiten, in welchen ADB zurückgelegt wird, wie die Sinus; die Geschwindigkeiten im Scheitel, wie die Cosinus derselben.

Wenn der Winkel $\alpha = 45°$ ist, so wird die Weite des Wurfs $AB = \frac{k^2}{2g}$; die gröſte Höhe $DE = \frac{k^2}{8g}$; der Parameter $= \frac{k^2}{2g}$, mithin der Weite AB gleich. Der Brennpunkt F fällt alsdann in die Linie AB selbst, oder in E, und die Zeit, in welcher ADB durchlaufen wird, ist $= \sqrt{\frac{1}{2}\frac{k}{g}}$.

Ist bey einem von zween Würfen der Winkel α eben so viel über 45°, als beym andern unter dieser Größe (z. B. bey einem 60°, beym andern 30°) so ergänzen beyde Winkel einander zu 90, und ihre Doppelten einander zu 180 Grad. Daher haben die Doppelten einerley Sinus; und der Sinus des einen ist dem Cosinus des andern gleich. Sind also die anfänglichen Geschwindigkeiten bey beyden Würfen eben dieselben, so sind die Weiten der Würfe gleich, und die gröſte Höhe des einen ist ein Viertel vom Parameter des andern, z. B. für den Wurf von 30° ist $DE = \frac{k^2}{16g}$;

Digitized by Google

der Parameter $= \frac{3k^2}{4g}$: für den von 60°, DE $= \frac{3k^2}{16g}$, der Parameter $= \frac{k^2}{4g}$ u. s. w.

Diese Sätze nebst mehrern, welche die Kürze beyzubringen verbietet, machen mit den darauf gegründeten Aufgaben die paraboliſche Theorie der Balliſtik aus, von der die nöthigſten hiſtoriſchen und litterariſchen Nachrichten im Artikel Balliſtik vorkommen. Bey dieſer Theorie iſt auf den Widerſtand der Luft noch keine Rückſicht genommen; dieſer verändert aber, beſonders bey den ſehr ſchnellen Bewegungen der Geſchützkugeln, die Reſultate weit mehr, als man ehedem glaubte, und ſo ſtark, daß dieſe paraboliſche Theorie allein zum praktiſchen Gebrauche der Artillerie gar nicht mehr hinreichend iſt. Zu den beym Worte Balliſtik angeführten Schriftſtellern, welche von der Bahn der Geſchützkugeln ſowohl nach der paraboliſchen Theorie, als mit Betrachtung des Widerſtands der Luft, handeln, ſind als ganz vorzügliche, noch Bezout (im Cours de mathématiques, überſ. unter dem Titel: Ueber die Kugelbahn, aus d. Frz. des Herrn Bezout. Stuttgart. 1782. 8.) und Herr von Tempelhof (Le Bombardier Pruſſien ou du mouvement des projettiles. à Berlin, 1781. 8.) hinzuzuſetzen, wovon auch letzterer in der Vorrede ſehr gute hiſtoriſche Nachrichten von den neuern Bemühungen der Gelehrten um dieſen Gegenſtand mittheilt.

Z.

Zähigkeit, Ductilitas, *Ductilité*. Die Eigenſchaft gewiſſer Körper, da man ihren Theilen allerley Lagen gegen einander geben kan, ohne daß ſie dadurch ihren Zuſammenhang verlieren, welche im Allgemeinen Dehnbarkeit heißt, führt bey weichen Körpern, die ſich der Natur der flüßigen nähern, den beſondern Namen der Zähigkeit. So nennt man weichen Thon, geſchmolzenes Wachs oder

Siegellak, dickflüßige Oele, Syrupe, Buttern u. d. gl. zähe Materien. Es giebt dabey verschiedene Grade, so daß sich manche zähe Körper der Natur der flüßigen mehr, manche weniger, nähern.

Die Zähigkeit zeigt gewissermassen einen mittlern Zustand zwischen Festigkeit und Flüßigkeit an, wobey der Zusammenhang der Theile so schwach ist, daß schon eine geringe Kraft hinreicht, ihre Lage zu ändern, ob er gleich immer noch so stark bleibt, daß ihn diese Kraft nicht ganz aufheben kan. Da nun Festigkeit und Flüßigkeit vom Grade der Wärme abhängen, so muß wohl auch die Zähigkeit dickflüßiger Materien von einem gewissen Grade der Wärme herkommen, der stark genug ist, den Zusammenhang zu schwächen, ob er gleich nicht hinreicht, eine vollkommene Flüßigkeit zu bewirken.

Wenn die Zähigkeit der Flüßigkeit entgegengesetzt wird, so giebt man ihr bisweilen auch den Namen **Tenacität**, (Tenacitas, *Tenacité*). Alle flüßige Materien sind in einem gewissen Grade zähe, d. i. sie setzen der Trennung ihrer Theile allemal einen gewissen Widerstand entgegen. Hievon hängt ein Theil des Widerstands ab, den Bewegungen in flüßigen Mitteln leiden, s. **Widerstand der Mittel.** Zähigkeit mit Anhängen an andere Körper verbunden, heißt **Klebrigkeit** (viscositas, *viscosité*).

Zähe Stoffe lassen sich gewöhnlich in sehr dünne Fäden ausziehen, weil sich beym Auseinanderziehen der Zusammenhang nicht aufhebt, also dieselbe Masse desto dünner, (kleiner im Durchmesser) werden muß, je mehr sie in die Länge gedehnt wird. Beyspiele hievon findet man im Artikel **Dehnbarkeit.**

Zahl, güldne, s. **Cykel, Kalender.**

Zauberbrunnen, intermittirender **Brunnen,** Fons intermittens *Kircheri*, *Fontaine intermittente*, *Fontaine de commandement*. Ein kleiner Springbrunnen, der abwechselnd Wasser giebt, und darauf wieder eine Zeit lang aussetzt. Die gewöhnlichste Einrichtung ist folgende.

Digitized by Google

Taf. XXVII. Fig. 92. ist das hohle Gefäß A mit seinem Halse in die Dülle ab eingekittet, und an diese das hohle metallne Gefäß BC angelöthet, aus welchem einige Ausgußröhren mit engen Oefnungen herausgehen. Die Röhre DE, deren Weite im Lichten nicht über 3 Linien betragen darf, reicht bis nahe an das obere Ende des Gefäßes A, geht durch die Dülle ab und das Gefäß BC hindurch, und endigt sich unten in die auf das Bassin G aufgelöthete Dülle F. Am untern Theile hat sowohl die Dülle F, als die Röhre DE, einen Ausschnitt an der Vorderseite, durch welchen, so lange er offen bleibt, die äussere Luft eintreten, und durch DE ins Gefäß A aufsteigen kan. Mitten im Bassin und im Innern der Dülle F befindet sich ein kleines Loch, von etwa 2 Linien Durchmesser, dessen Fläche allezeit weniger, als die Summe aller Oefnungen der Ausgußröhren bey C, betragen muß. Unter dem Bassin G ist noch ein Gefäß H, welches am obern Theile bey I ein Loch hat, durch welches die Luft ausweichen kan.

Füllt man das Gefäß A bey umgekehrter Stellung der Maschine durch den Ausschnitt bey F mit Wasser an, und setzt es dann wieder auf seinen gewöhnlichen Fuß, so läuft das Wasser aus den Gußröhren bey C heraus, fällt in das Bassin G, und läuft, so viel es die Oefnung O verstattet, in das Gefäß H ab. Dagegen tritt durch den ofnen Ausschnitt bey F die äussere Luft ein, steigt durch DE auf, und setzt sich am obern Theile des Gefäßes A in den Raum, den das Wasser verlassen hat. Weil aber das Loch O' kleiner ist, als die Summe der Oefnungen der Gußröhren, so kann durch O nicht soviel Wasser ablaufen, als ins Bassin ausgegossen wird. Wenn daher der Brunnen eine Zeitlang gelaufen ist, so sammlet sich das Wasser in G an, und versetzt endlich den Ausschnitt bey F so, daß keine äussere Luft mehr durch denselben eintreten kan.

Wenn dieser Zugang der Luft verschlossen ist, hören die Gußröhren bald auf, Wasser zu geben. Es läuft zwar noch etwas aus, weil aber dadurch ein Raum entsteht, den keine neue hinzutretende Luft ersetzen kan, so wird die Luft im Raume E verdünnt, drückt also nicht mehr so stark auf

die Oberfläche des Waſſers im Gefäße A, als die Atmoſphäre bey C auf die Oefnungen der Gußröhren entgegendrückt. Kömmt es hiemit ſo weit, daß die Elaſticität der Luft bey E verbunden mit dem Drucke der Waſſerſäule über C gerade dem Drucke der Atmoſphäre gleich wird, ſo geben die Oefnungen kein Waſſer mehr. Die Maſchine befindet ſich in dem Falle eines Stechhebers, deſſen obere Mündung man mit dem Finger verſchloſſen hat, ſ. Stechheber.

Indeſſen dauert der Ablauf aus dem Baſſin G in das Gefäß H immer fort, und da jetzt kein neues Waſſer hinzukömmt, ſo öfnet ſich endlich der Zugang durch O aufs neue. Hiemit fängt der Brunnen wieder an, zu fließen, bis O durch das angeſammelte Waſſer in G wiederum verſchloſſen wird, u. ſ. w. So fährt der Brunnen immer fort, mit abwechſelnden Pauſen zu fließen, und man überſieht leicht, daß die Dauer dieſer Pauſen von der Höhe des Ausſchnitts bey F, und von dem Verhältniſſe zwiſchen den Oefnungen bey O und bey C abhängt.

Weil man das Steigen und Fallen der Waſſerfläche im Baſſin G ſehr deutlich ſehen kan, ſo bemerkt man leicht den Augenblick, in welchem das Waſſer eben im Begrif ſteht, den Ausſchnitt bey F ganz zu verdecken, oder den obern Rand deſſelben wiederum zu verlaſſen. In dieſem Augenblicke befiehlt der Künſtler dem Brunnen zu fließen, oder aufzuhören. Die Maſchine ſcheint dem Befehle zu gehörchen, und hat daher die Namen Zauberbrunnen und *Fontaine de commandement* erhalten.

Nach Wolfs Angabe (Elem. Hydraul. Probl. 36.) bekömmt das Gefäß A eine etwas breite Grundfläche, welche ſtatt der Gußröhren C mit kleinen Löchern durchſtochen iſt. Durch dieſe Löcher fällt das Waſſer, wie ein Regen herab, ſo lange der Ausſchnitt bey F nicht verſetzt iſt, hört aber auf, ſo bald keine Luft mehr durch DE aufſteigen kan. Wolf (Act. Erud. Lipſ. 1711. Jan. p. 30 ſqq.) hat nach eben dieſen Grundſätzen eine Lampe angegeben, welche aus einem Gefäße dem Dachte nur ſo lange Oel zufließen läßt, bis dieſes eine gewiſſe Höhe erreicht, alsdann aber durch

Digitized by Google

Verſetzung eines Lochs der äuſſern Luft den Zugang zur Oberfläche des Oels im Gefäße abſchneidet, und ſo das fernere Ausfließen hindert, bis das Oel durch die Verbrennung wieder niedriger zu ſtehen kömmt, und das Loch wieder frey wird. Dieſe Lampe giebt alſo ſtets nur ſoviel Zufluß, als nöthig iſt, ohne durch überflüßiges Oel die Flamme auszulöſchen, oder ſelbſt bey der gröſten Hitze überzulaufen.

Auf eben dieſen Gründen beruht die Einrichtung der Dintenfäſſer, welche aus einem eingeſchloſſenen Behältniſſe immer nur ſo viel Dinte hergeben, als gerade die zum Eintauchen der Feder nöthige Höhe hat, dergleichen in der Wedgwoodiſchen Fabrik aus ſogenannter Baſaltmaſſe ſehr nett verfertiget werden; ingleichen die Structur der Taſchen-Schreibfedern, die nicht mehr Dinte, als nöthig iſt, in den Schnabel herablaſſen u. ſ. w.

Wolf beſchreibt noch eine andere Art von intermittirendem Brunnen, wo der Zufluß in ein Baſſin ſchwächer, als der Abfluß iſt, und letzterer durch einen Heber bewirkt wird. Wenn der Zufluß den Heber ganz gefüllt hat, ſo fängt dieſer an zu laufen, und leert das ganze Baſſin aus. Alsdann tritt Luft in den Heber, und der Abfluß hört ſo lange auf, bis der Heber durch den Zufluß wieder ganz gefüllt iſt. Dadurch ſucht man unter andern die in der Natur vorkommenden intermittirenden Quellen zu erklären, ſ. Quellen (Th. III. S. 615).

Wolf Elem. Matheſeos univerſae. Elem. Hydraul. Probl. 36. 37.

Sigaud de la Fond Dictionnaire de phyſ. Art. *Fontaine de commandement.*

Zaubergemälde, Franklins, Tabula magica ſ. Pictura magica *Franklini*, *Tableau magique.* Franklin (New exp. and. obſerv. on electricity in ſeveral letters to Mr. Collinſon. London, 1751. 4. überſ. von Wilke: B. Franklins Briefe von der Elektricität. Leipz. 1758. 8. S. 37.) beſchreibt unter dem Namen des Zaubergemäldes oder magiſchen Bildes eine belegte Glastafel, welche mit

Elektricität geladen und berührt einen heftigen Schlag giebt, aber mit gehöriger Vorsicht sich ohne Schlag berühren läßt, und auf diese Weise zu einem artigen Versuche dient.

Die Erfindung ist, wie Franklin selbst anführt, von Kinnersley. Da sie zu den berühmtesten elektrischen Belustigungen gehört, und von Franklin etwas undeutlich beschrieben wird, so habe ich in meiner deutschen Uebersetzung des Cavallo ihre Einrichtung nach den Vorschlägen des Herrn Wilke (a. a. O. S. 259.) deutlicher darzustellen gesucht.

Man nehme einen Kupferstich, etwa von einem regierenden Herrn, schneide das Brustbild heraus, vergolde dessen hintere Seite, und klebe es mit dünnem Gummiwasser auf eine Glastafel so, daß die Vergoldung ans Glas kömmt, und eine Belegung desselben abgiebt. Auf die andere Seite der Glastafel klebe man den übrigen Theil des Kupferstichs so auf, daß dessen rechte oder vordere Seite ans Glas kömmt, damit von vorn gesehen das ganze Bild in seiner gehörigen Lage erscheine, obgleich das Brustbild vor dem Glase und der übrige Theil des Kupferstichs hinter demselben ist. Die hintere Seite der Glastafel und des darauf geklebten Papiers überziehe man nun mit Goldblättchen, lasse aber den obern Theil frey. Zuletzt fasse man das ganze Bild am obern, nicht vergoldeten, Theile an, und setze eine kleine auf beyden Seiten vergoldete Krone auf das Haupt des Königs.

Wird alsdann diese auf beyden Seiten belegte Glastafel mäßig geladen, und einer Person so in die Hand gegeben, daß selbige die hintere Vergoldung mit berührt, so wird diese Person, wenn sie es wagt, die Krone vom Haupte des Brustbilds abzunehmen, oder nur anzutasten, einen starken Erschütterungsschlag bekommen, und ihren Endzweck verfehlen. Der Experimentator hingegen, der das Bild jederzeit am obern nicht vergoldeten Theile anfasset (mithin durch seine Hand oder seinen Körper keine Verbindung zwischen beyden belegten Seiten macht), wird die Krone ohne Schlag anrühren, und dieses als einen Beweis seiner Treue angeben können.

Digitized by Google

Dieſer Verſuch erhält von Franklin den Namen der Verſchwörung (*Experience des Conjurés*), wenn der Schlag durch mehrere Perſonen geleitet wird, die einander bey den Händen anfaſſen, und von denen die beyden äuſſerſten, eine die hintere Belegung der Glastafel, die andere die Krone, berühren.

Man muß ſich hiebey hüten, die Tafel anders, als ſehr ſchwach, zu laden; weil alle elektriſche Platten, ſtark geladen, allzuheftige Wirkungen äuſſern, ſ. Quadrat, elektriſches. Da der Schlag aus einem ſolchen magiſchen Bilde von mäßiger Größe ein ganzes Buch Papier durchbohrt, ſo könnte bey allzuſtarker Ladung der Verſuch eben ſo unglücklich für die Verſchwornen ausfallen, als das Verbrechen ſelbſt, wovon er benannt iſt.

Tib. Cavallo Vollſtändige Abhandl. der Lehre von der Elektricität. a. d. engl. Dritte Aufl. Leipz. 1785. gr. 8. Zuſ. des Ueberſ. S. 195 u. f.

Zauberkunſt, natürliche, ſ. Magie, natürliche.

Zauberlaterne, Laterna magica, Lucerna thaumaturga, megalographica, *Lanterne magique*. Eine Vorrichtung, welche kleine auf Glas gemahlte Figuren im Dunkeln vergrößert an der Wand oder auf einem Schirme darſtellt.

Ihre Einrichtung beruht auf der bekannten Eigenſchaft der erhabnen Linſengläſer, von Gegenſtänden, welche um etwas mehr als ihre Brennweite, abſtehen, deutliche Bilder in beſtimmter Entfernung darzuſtellen, ſ. Linſengläſer (Th. II. S. 913). Man hat hier für beſſer gefunden, ſtatt eines einzigen Linſenglaſes deren zwey zu gebrauchen. Das erſte derſelben ſchicket die Stralen ſo auf das zweyte, als ob ſie von einer entlegnern Sache herkämen, als es das Gemälde in der That iſt, welches die Folge hat, daß man das Gemälde näher, als ſonſt, an das erſte Glas rücken, und alſo die Länge des Werkzeugs abkürzen kan.

Es wird in einem Gehäuſe, das die Form einer Laterne bekömmt, an der Rückwand ein Hohlſpiegel angebracht, der das Licht einer in ſeinem Brennpunkte ſtehenden Lampe

auf ein durchscheinendes Glasgemälde wirft, und selbiges dadurch von der Rückseite her stark erleuchtet. Um mit den Bildern abwechseln zu können, werden mehrere derselben neben einander in hölzerne Schieber gefasset, die man in einem queer durch die Seitenwände der Laterne durchgehenden Falz einschieben, und eines nach dem andern gerade vor den Spiegel und die Flamme bringen kan. An der Vorderseite der Laterne befindet sich ein Rohr mit einem converen Linsenglase, und ein zweytes Rohr mit einem ähnlichen Glase läst sich in jenem ersten verschieben, damit man die Entfernung beyder Gläser nach Bedürfniß ändern könne.

Jeder Punkt des erleuchteten Gemäldes wirft Licht auf das erste Glas, welches durch dieses und das zweyte hindurchgeht, und sich in einer bestimmten Entfernung hinter dem letzten Glase wieder in einen Punkt vereiniget. Steht nun in der Stelle dieser Vereinigungspunkte eine Wand, ein Schirm, oder sonst etwas Undurchsichtiges, das die Stralen auffängt, so wird ein deutliches, aber umgekehrtes, Bild des Gemäldes daselbst entworfen; daher man die Gemälde in verkehrter Stellung einschiebt, um aufrechte Bilder zu erhalten.

Das Bild erscheint auch vergrößert, und zwar ungefähr in dem Verhältnisse, in welchem sein Abstand von den Gläsern größer ist, als der Abstand des Gemäldes von ebendenselben. Durch diese Vergrößerung wird das Licht in einen weitern Raum verbreitet, mithin geschwächt. Soll also das Bild noch hell und mit lebhaften Farben erscheinen, so muß die Erleuchtung sehr stark seyn, und die Vergrößerung darf nicht über gewisse Grenzen getrieben werden.

Die Zauberlaterne ist vom Sonnenmikroskop blos dadurch unterschieden, daß beym letztern Sonnenlicht gebraucht wird, welches weit mehr Erleuchtung gewähret, und die Vergrößerung viel höher zu treiben verstattet, s. Sonnenmikroskop. Daher nimmt man zur Zauberlaterne Gläser von größern Brennweiten, die nicht so stark vergrößern, und braucht deren lieber zwey, damit man ihren Abstand von einander ändern, und das Bild in verschiedenen Entfernungen deutlich machen kan.

Digitized by Google

Die Erfindung dieſes artigen Werkzeugs, welches eine unterhaltende Beluſtigung gewährt, und zu mancherley täuſchenden Künſten angewendet werden kan, haben wir Kirchern zu verdanken. Dieſer führt zwar in der erſten Ausgabe ſeines optiſchen Werks (Ars magna lucis et umbrae. Romae, 1646. fol. p. 915.) nur ſoviel an, daß man auf einen Hohlſpiegel ein Gemälde bringen, und deſſen Abbildung vermittelſt eines davor geſtellten Lichts und Glaſes auf eine Wand in einem dunkeln Orte werfen könne, wovon er ſich viel zu Bekehrung der Gottloſen verſpricht, wenn man ihnen zu rechter Zeit den Teufel darſtellte. Aber in der zweyten Ausgabe, (Amſt. 1671. fol.) findet man die Beſchreibung der eigentlichen Zauberlaterne, mit ſaubern Zeichnungen, welche zeigen, daß Kircher ſchon die jetzt gewöhnlichen Schieber mit Glasgemälden gebraucht hat.

Ozanam (Recreat. math. To. III. p. 247.) führt an, ſchon Roger Baco habe die Zauberlaterne gekannt, und eine Beſchreibung derſelben komme beym Schwenter (Mathemat. Erquickſt. Nürnb. 1651. 4. Sechſt. Theil. 31ſte Aufg.) vor. Aber beydes iſt falſch, und Schwenter redet nur von einem Hohlſpiegel, der das Licht ungeſchwächt in große Entfernungen wirft, und eine Schrift daſelbſt lesbar macht.

Der P. Zahn (Oculus artificialis teledioptricus. Herbip. 1685. fol. edit. 2da. Norimb. 1702. fol. p. 726 ſqq.) redet ſchon ſehr umſtändlich vom Gebrauche der Zauberlaterne zu allerley Kunſtſtücken, und giebt dazu eine Menge Abbildungen. Auch handlen davon Hertel (Vom Glasſchleifen, II. Th. 6 Cap.), Leutmann (Anmerk. vom Glasſchleifen, Cap. 10.), Doppelmayr (Weitere Eröfnung der bionſchen mathematiſchen Werkſchule, S. 47.), und vorzüglich s'Graveſande (Phyſ. elem. mathem. Vol. II. p. 873.), welcher zugleich bemerkt, daß dieſes Werkzeug von den Optikern noch nicht zur gehörigen Vollkommenheit gebracht ſey.

Man hat nachher auch darauf gedacht, bewegliche Bilder darzuſtellen, z. B. eine Windmühle, die ſich umdreht. Dies wird dadurch erhalten, daß man die beweglichen Thei-

Digitized by Google

le, z. B. die Flügel, auf eine besondere Glasscheibe mahlt, welche umgedreht, oder sonst der Absicht gemäß bewegt wird. Nach Herrn Kästners Nachricht hat dazu der Professor **Ehrenberger** in Coburg Anleitung gegeben. Der Apparat wird auch beym **Nollet** und **Brisson** beschrieben.

Wenn man das Bild nicht an der Fläche der Wand auffängt, sondern in einen aufsteigenden Dampf oder Rauch fallen läst, so bemerkt das Auge gefärbte Stellen, die in verschiedenen Ebnen hinter einander liegen, wodurch es das Ansehen gewinnt, als ob das Bild einen körperlichen Raum einnähme. So läst sich durch Verbergung der Zauberlaterne selbst und des Gefäßes, woraus der Dampf aufsteigt, mit Anwendung anderer zweckmäßigen Täuschungsmittel, leichtgläubigen die Erscheinung von Geistern oder Verstorbnen vorspiegeln. Hiezu wird auch die Zauberlaterne in der That von vorgeblichen Geisterbeschwörern gemißbrauchet; daher die Anleitungen zu mannigfaltigen Kunststücken dieser Art auch in den Schriften von der natürlichen Magie vorkommen.

Der gröste Nutzen, den dieses Werkzeug der Physik verschaft hat, ist wohl die daraus entstandne Erfindung des Sonnenmikroskops gewesen. **Wolf** (Nützl. Versuche Th. III. §. 114.) bemerkt schon, daß man die Zauberlaterne als Vergrößerungswerkzeug für kleine durchscheinende Gegenstände nützen könne. Weil aber hiebey zu starken Vergrößerungen sehr viel Licht erfordert wird, wozu die gemeinen Lampen nicht hinreichen, so fiel man darauf, Sonnenlicht zu gebrauchen. Was **Balthasars** in Erlangen schon 1710 erfunden haben soll (s. oben S. 101.) ist vielleicht nichts anders, als eine gewöhnliche Zauberlaterne, aber durch Sonnenlicht erleuchtet, gewesen. Das vom ältern **Adams** erfundene, und vom jüngern verbesserte **Lampenmikroskop** das auch zu undurchsichtigen Gegenständen gebraucht werden kan, ist, da es durch Lampe und Spiegel erleuchtet wird, ganz eigentlich zu den Zauberlaternen zu rechnen.

Euler (Emendatio laternae magicae et microscopii solaris in Nov. Comm. Petrop. To. III. p. 363.) hat schon eine Art angegeben, undurchsichtige Gegenstände, welche

Digitized by Google

von der Vorderseite erleuchtet werden müssen, durch die Zauberlaterne abzubilden. Er stellt einen Hohlspiegel, der, wie bey den Teleskopen, in der Mitte durchlöchert ist, vor den Gegenstand, und mehrere Lichter zwischen beyde so, daß der Spiegel die Erleuchtung auf den Gegenstand wirft, dessen Punkte die Stralen durch das Loch des Spiegels auf die Gläser senden. Die Lichter müssen aber nahe an der Fläche des Spiegels, und nicht vor dem Loche stehen, damit von ihnen keine geraden Stralen durch das Loch auf die Gläser fallen, weil sich sonst die umgekehrten Lichtflammen mit abbilden würden. Nach Eulers Vorschlage erfordern größere Gegenstände auch größere nach andern Verhältnissen gebaute Werkzeuge, daher er vier Sorten derselben für Objecte von 6 Fuß, 1 Fuß, 2 Zoll und 2 Linien zu verfertigen anräth. Mehrere Einrichtungen, undurchsichtige Gegenstände zu erleuchten, die mit gehöriger Abänderung auch zur Zauberlaterne brauchbar sind, findet man beym Worte **Sonnenmikroskop.**

Daß übrigens schon **Porta** undurchsichtige Bilder, durch Sonnenlicht von der Vorderseite erleuchtet, in der Camera obscura dargestellt hat, wird man beym Worte **Zimmer, verfinstertes,** finden. Das war eigentlich schon die Anlage zu einem opake solar microscope. Aus der Camera obscura entstand die Zauberlaterne, aus dieser das Sonnenmikroskop, welches endlich wieder zu undurchsichtigen Gegenständen geschickt gemacht ward. So laufen die Erfindungen im Kreise um.

Smith's Lehrbegrif der Optik durch Kästner, S. 347.

Priestley Geschichte der Optik, durch Klügel, S. 100 u. 528.

Brisson Dict. raif. de Phyſique, Art. *Lanterne magique.*

Zauberperspectiv, magisches Perspectiv, Tubus magicus, Telescopium magicum, *Lunette magique,* Eine Vorrichtung, welche den Unerfahrnen glauben macht, er sehe durch undurchsichtige Körper.

In dem hohlen Kästchen BDGI, Taf. XXVII. Fig. 93. sind inwendig vier Planspiegel BC, DE, FG, HI so ange-

Digitized by Google

bracht, daß sich ihre Flächen gegen die Horizontallinie oder Axe AK unter Winkeln von 45° neigen. Sie sind also sämmtlich mit einander parallel, und kehren die Spiegelflächen gegen einander. Bey A und K sind kleine ofne Röhren angesetzt, so daß man durch A hineinsehen, und daß durch K das Licht von den in der Axe AK liegenden Gegenständen einfallen kan. Bey L und M sind ähnliche Röhren blos der Täuschung halber angesetzt, damit es scheinen soll, als sähe man bey A den Gegenstand N durch die beyden in gerader Linie liegenden und überall ofnen Röhren AL und MK. Man kan allenfalls die Oefnungen L und M noch durch das Zwischenrohr LM, das sich aber herausnehmen läst, verbinden, so gewinnt es das Ansehen, als ob das Auge O den Gegenstand N durch das zusammenhängende an beyden Enden ofne Rohr ALMK vermittelst gerader Stralen betrachtete.

Auch wird das Auge diesen Gegenstand wirklich in seiner natürlichen Größe und Gestalt in der Axe AK, aber nicht durch gerade Stralen, sondern vermittelst der vier Spiegel, sehen. Nemlich der Stral NK, der in der Axe selbst einfällt, trift die Mitte des Spiegels HI, wird vermöge der Lage desselben senkrecht herab auf die Mitte des zweyten Spiegels FG, von diesem horizontal auf die Mitte des dritten DE, hier wieder senkrecht herauf auf die Mitte des vierten BC, und von diesem endlich in der Richtung der Axe AK ins Auge O geworfen. Der Zuschauer sieht also die Gegenstände um N durch die Spiegel, von deren Daseyn er nichts weiß, indem er durch das Rohr AK gerade nach N zu sehen glaubt. Wenn man also das Stück LM herausnimt, und an dessen Stelle zwischen L und M ein Bret, oder einen andern undurchsichtigen Körper stellt, so hindert dies nichts im Wege der Stralen; man sieht die Gegenstände noch immer, wie zuvor, und glaubt nun, durch das Bret hindurch zu sehen.

Dieses Werkzeug besteht eigentlich aus zweyen an einander gesetzten Polemoskopen, wovon die Spiegel HI und FG das eine, DE und BC das andere ausmachen, s. Polemoskop. Wenn man bey A ein hohles Augenglas, und

auf der durch die Spiegel gebrochnen Axe in der gehörigen Entfernung ein erhabnes Objectivglas einsetzt, so kan man zugleich Vergrößerung der Gegenstände erhalten, wiewohl dieses hier nicht zur eigentlichen Absicht gehört.

Vorschläge, mehrere Spiegel so zu stellen, daß man darinn sehen kan, was an Orten vorgeht, von denen man durch eine Mauer u. dgl. abgesondert ist, kommen schon beym Roger Baco, Porta u. a. vor; auch beym Schwenter (Mathematische Erquickstunden, Sechster Theil, 18 Aufg.). Das hier beschriebene Werkzeug aber, welches zugleich das Bild in eben die Linie bringt, nach der man sonst den Gegenstand sehen würde, scheint aus Hevels Polemoskop entstanden zu seyn, und wird erst von den neuern Sammlern mathematischer Spielwerke beschrieben.

Zaubertrichter, Taschenspielertrichter, Infundibulum magicum, *Entonnoir magique.* Ein in Form eines Trichters verkleideter Stechheber. Der Trichter ABC, Taf. XXVII. Fig. 94. besteht aus zween in einander steckenden Trichtern, welche zwischen sich einen beträchtlichen Raum lassen. Der äussere hat bey D ein kleines Loch, welches, indem man den Handgriff anfasset, unvermerkt mit dem Finger verschlossen und wieder eröfnet werden kan. Man hält das Ganze bey C zu, und füllt es mit Wein, wodurch sich auch der innere Raum zwischen beyden Trichtern mit anfüllt. Aus diesem Raume kan nun nichts herauslaufen, so lang das Loch bey D verschlossen bleibt, wenn man gleich bey C geöfnet hat, wofern nur die Oefnung C so eng ist, daß sich Luft und Wein in ihr nicht ausweichen können: aus eben dem Grunde, aus welchem ein Stechheber nicht läuft, so lang man seine obere Oefnung zuhält, s. Stechheber. Man kan auf diese Art den im innern Trichter befindlichen Wein austrinken oder durch C auslaufen lassen, so daß alles leer scheint. Der Zuschauer wird also glauben, es sey aller Wein heraus; wenn man aber unvermerkt das Loch bey D eröfnet, so läuft noch eine große Menge, die sich im Zwischenraume befunden hatte, durch

C hervor, oder füllt, wenn man C zuhält, den innern Trichter wieder an, der also zum zweytenmale kan ausgetrunken werden, u. s. w.

Zeichen des Thierkreises, Zeichen der Ekliptik, himmlische Zeichen, Signa caelestia, Dodecatemoria, *Signes du Zodiaque*. So nennen die Astronomen die zwölf Theile, in welche man die Ekliptik und den Thierkreis schon im höchsten Alterthume eingetheilt hat. Ihre Namen und Bezeichnung findet man beym Worte **Ekliptik**. Es sind die Namen der Sternbilder, welche ehedem diese zwölf Stellen des Thierkreises einnahmen, jetzt aber von denselben hinweg und in die zunächst folgenden Zeichen gerückt sind, so daß die Sterne des Widders im Zeichen des Stiers, die des Stiers im Zeichen der Zwillinge u. s. w. stehen, daher man die Sternbilder oder **gebildeten Zeichen** (asterismos) von den eigentlichen oder **ungebildeten** (signis, dodecatemoriis) zu unterscheiden hat.

Die Richtung, nach welcher die Zeichen gezählt werden, geht dem Zuschauer, der das Haupt gegen die nördlichen Fixsterne kehrt, von der Rechten zur Linken, oder uns, wenn wir gegen Mittag sehen, von Abend gen Morgen. Es ist eben diejenige Richtung, nach welcher in unserm Sonnensystem alle Umläufe und Umdrehungen der Planeten und Nebenplaneten geschehen, s. **Folge der Zeichen**.

Von den zwölf himmlischen Zeichen liegen die sechs ersten: ♈, ♉, ♊, ♋, ♌, ♍, in der nördlichen Helfte des Himmels, und heissen daher **nördliche, mitternächtliche** (signa borealia, septemtrionalia, *signes septentrionaux*); die sechs letzten: ♎, ♏, ♐, ♑, ♒, ♓, in der südlichen Helfte heissen **südliche, mittägige** (signa australia, meridionalia, *signes meridionaux*).

Man theilt auch die Zeichen in **aufsteigende** (ascendentia, *ascendants*) und **absteigende** (descendentia, *descendants*). In dem Laufe durch die aufsteigenden: ♑, ♒, ♓, ♈, ♉, ♊ nähert sich die Sonne immer mehr dem bey uns sichtbaren Pole und dem Scheitel unserer Län-

der; da sie hingegen in den absteigenden: ♋, ♌, ♍, ♎, ♏, ♐, sich wieder von demselben entfernt. Für die südliche Helfte der Erdkugel sind diejenigen Zeichen aufsteigend, welche für uns absteigend sind, und umgekehrt.

Zeit, Tempus, *Temps*. Wir bezeichnen mit diesem Worte eine Vorstellung, die wir allemal mit dem Begriffe vom Aufeinanderfolgen der Zustände und Veränderungen verbinden. Wir stellen uns nemlich die Folge aller in und ausser uns selbst vorgehenden Begebenheiten und Veränderungen als eine zusammenhängende Reihe vor, in welcher es Stellen giebt, die einander näher oder von einander entfernter sind, so daß hier Begriffe vom Mehrerm und Minderm statt finden, und Verhältnisse betrachtet werden können.

So sehen wir die Sonne am Morgen aufgehen, am Mittage ihren höchsten Stand erreichen, am Abende wiederum unter den Horizont hinabsinken. Indem dieses geschieht, gehen zugleich in und um uns tausenderley Dinge vor, die sich auf eben die Art, wie die verschiedenen Stände der Sonne, folgen: Wir bilden aus allen diesen Dingen in unserer Vorstellung eine zusammenhängende Reihe, in welcher jedes der Ordnung nach seine bestimmte Stelle hat, und, was zusammen geschieht, auf einerley Stelle trift. Jede einzelne Stelle dieser Reihe heißt ein Zeitpunkt, ein Moment, Augenblick (momentum temporis); was auf einerley Zeitpunkt trift, wird gleichzeitig oder coexistirend (simultaneum), was auf verschiedene Zeitpunkte fällt, succedirend (successivum) genannt; der Abstand oder Zwischenraum zweener Zeitpunkte heißt ein Zeitraum (intervallum temporis), und die ganze Vorstellung dieser Folge oder Reihe, die Zeit.

Es ist also die Zeit nichts an sich oder außer uns existirendes, sondern lediglich eine Vorstellungsart oder Denkform, nach der wir unsere Ideen von succedirenden Dingen ordnen. Wir nehmen bei den Abständen der Zeitpunkte oder bey den Zeiträumen Größen und Verhältnisse wahr, und erkennen z. B., daß der Zeitraum vom Aufgange bis

Digitized by Google

zum Untergange der Sonne gröſſer, als der vom Aufgange bis zum Mittage ſey, und daß ſich jener zu dieſem, wie 2 zu 1, verhalte. Dies erklärt, wie ſich die Zeiträume meſſen laſſen, oder wie es möglich werde, einen derſelben mit einem andern bekannten zu vergleichen.

Bey dieſem Maaße der Zeit legen wir den Begrif von **gleichförmigem Fortgange** zum Grunde, d. i. von Wirkungen, die unaufhörlich mit durchaus gleicher Stärke fortdauern, wie jede gleichförmige Bewegung, oder wie das Auslaufen des Sandes durch eine Oefnung, aus der in jedem Augenblicke gleich viel Sand fällt, u. dgl. Solche Wirkungen bringen Summen hervor, welche in eben dem Verhältniſſe wachſen, wie der Zeitraum, durch den die Wirkungen fortgedauert haben. Wir ſchließen alſo, es ſey doppelt ſo viel Zeit verfloſſen, als ein andermal, wenn während derſelben ein Körper, der ſich immer gleichförmig oder gleich ſtark bewegt, doppelt ſoviel Raum zurückgelegt hat, oder wenn aus einer Sanduhr doppelt ſo viel Sand ausgelaufen iſt u. ſ. w.

Die Natur ſelbſt gewährt uns ein beſtändiges immer gleichförmiges Zeitmaaß in der täglichen Umdrehung der Erdkugel, oder, was eben ſo viel iſt, in der hieraus entſtehenden ſcheinbaren Bewegung der Fixſterne, ſ. **Sternzeit**. Durch die Dauer oder den Zeitraum einer ſolchen Umdrehung wird der Sterntag mit ſeinen Theilen, den Stunden, Minuten, Secunden, Tertien ꝛc. der Sternzeit beſtimmt. Alle Zeiträume laſſen ſich in ſolchen Theilen, als Einheiten, ausdrücken, und auf dieſe Art leicht unter einander ſelbſt vergleichen.

Die Kunſt verſchaft uns Werkzeuge, welche unausgeſetzt eine immer gleichförmige Bewegung unterhalten, und von ſelbſt die Räume zählen, durch welche dieſe Bewegung von einem Zeitpunkte zum andern fortgeht. Solche Werkzeuge führen den Namen der **Uhren**. Eine gewiſſe beſtimmte Größe im Fortgange des Zeigers der Uhr, heißt eine **Stunde der Uhr**, ihr 60ſter Theil eine Minute, deren 60ſter Theil eine Secunde u. ſ. w. Dadurch werden für jede gleichförmig gehende Uhr Theile der **Uhrzeit** be-

Digitized by Google

ſtimmt, in welchen ſich ebenfalls Zeiträume ausdrücken und unter einander vergleichen laſſen.

Im bürgerlichen Leben findet man ſich durch viele Umſtände bewogen, die Zeit nach der Bewegung der Sonne abzumeſſen. Aber dieſe Bewegung iſt nicht gleichförmig, und kan daher weder mit der Sternzeit, noch mit der Zeit irgend einer gleichförmig gehenden Uhr genau übereinſtimmen. Inzwiſchen kan man ſich ſtatt der wahren Sonne eine erdichtete vorſtellen, welche einen gleichförmigen Gang hätte, und mit dieſem doch, im Ganzen genommen, eben die Bewegung vollendete, die die wahre Sonne mit ihrem ungleichförmigen Gange zurücklegt. Durch dieſes Hülfsmittel erhält man eine mittlere Sonnenzeit, und Theile derſelben, welche wiederum dienen können, um Zeiträume auszudrücken und zu vergleichen, ſ. Sonnenzeit.

Der Aſtronom verlangt, die Augenblicke, in welchen ſich die Himmelsbegebenheiten ereignen, nach **wahrer Sonnenzeit** anzugeben. Das heißt ſoviel. Er nennt bey dieſer Angabe das Jahr, den Monat und den Tag der Begebenheit, und ſetzt hinzu, wieviel von dem wahren Mittage dieſes Tages an bis zum Augenblicke der Begebenheit, Stunden, Minuten, Secunden u. ſ. w. wahrer Sonnenzeit verfloſſen ſind. Um den ganzen Zeitraum von einer Epoche bis zur Begebenheit zu beſtimmen, darf man alsdann nur die vollendeten Jahre und Tage (tempus completum) in Rechnung bringen. Was zum Beyſpiel in den Nachmittagsſtunden des 11 Aprils 1791 n. C. G. geſchahe, das fiel 1790 Jahre, 100 Tage (31+28+31+10=100) nach dem Anfange der chriſtlichen Zeitrechnung, wozu nun noch die Stunden, Min. ꝛc. hinzuzuſetzen ſind, welche vom wahren Mittage des 11ten Aprils (mit welchem nach aſtronomiſcher Rechnung dieſer Tag erſt anfängt) bis zum Augenblicke der Beobachtung verfloſſen. Nennt man das Jahr 1791, und den 11ten April ſelbſt, ſo ſind das laufende Jahre und Tage (tempus currens, anni cavi), auf welchen Unterſchied man bey Summirung der Zeiträume genaue Rückſicht nehmen muß.

Digitized by Google

Die Stunden, Minuten und Secunden, welche seit dem letzten Mittage verflossen sind, werden durch die Angabe der Uhr im Augenblicke der Beobachtung gefunden. Die Uhren werden hiezu so eingerichtet, daß sie ohngefähr entweder Sternzeit oder mittlere Sonnenzeit zeigen. Es kömmt nichts darauf an, was für Zeit eine Uhr zeigt, wofern nur ihr Gang vollkommen gleichförmig ist. Man kan nemlich die Angabe der Uhr oder die Uhrzeit durch Rechnung in wahre Sonnenzeit verwandeln, wenn man nur weiß, was die Uhr den Mittag vor der Beobachtung, und den Mittag nach derselben, gewiesen hat, und zugleich versichert ist, daß sie die ganze Zwischenzeit hindurch ihren Gang mit völliger Gleichförmigkeit fortgesetzt habe.

Gesetzt, eine astronomische Uhr zeigte am wahren Mittage

den 2 Jan.	23 St.	56 Min.	32 Sec.
den 3 Jan.	23	56	50
Unterschied			18 Sec = α.

Eine Himmelsbegebenheit, z. B. der Austritt eines Jupiterstrabanten, geschieht zwischen beyden Mittagen, oder den 2 Jan. in dem Augenblicke, da die Uhr 11 St. 16 Min. 23 Sec. zeigt. Man fragt nun, wieviel diese Uhrangabe nach wahrer Sonnenzeit betrage, oder wie groß der Zeitraum vom ersten Mittage bis zum Augenblicke der Beobachtung in Theilen der wahren Sonnenzeit sey.

Hiebey fällt zuerst in die Augen, daß die Uhr schon am ersten Mittage um soviel zu spät gieng, als 23 St. 56 Min. 32 Sec. unter 24 St. betragen, d. i. um 3 Min. 28 Sec. Hätte man ihren Zeiger um soviel fortgerückt, so würde sie bey der Beobachtung noch 3 Min. 28 Sec. mehr, folglich

11 St. 19 Min. 51 Sec = 40791 Sec = β

gezeigt haben. Soviel Uhrzeit ist nun eigentlich vom ersten Mittage bis zur Beobachtung verflossen. Hätte die Uhr am 2 Jan. mehr als 24 St. oder mehr, als Null gezeigt, und wäre also zu früh gegangen, so müste der Ueberschuß von der Angabe der Beobachtungszeit abgezogen werden.

Digitized by Google

Nun nenne man die Secunde der wahren Sonnenzeit $= \Sigma$, die der Uhrzeit $= \sigma$. In dem Zeitraume zwischen beyden Mittagen sind 86400 Secunden wahre Sonnenzeit; aber 18 Sec. oder α mehr Uhrzeit. Daher

$$(86400 + \alpha)\,\sigma = 86400\,\Sigma$$

Hätte die Uhr am zweyten Mittage weniger, als am ersten, gezeigt, so wäre der Unterschied α negativ, und von 86400 abzuziehen.

Man kan nun schließen: Wenn $(86400+\alpha)\,\sigma$ mit $86400\,\Sigma$ übereinstimmen, so stimmt β, oder der in Uhrzeit ausgedrückte Zeitraum überein mit

$$\frac{86400}{86400+\alpha}.\beta \text{ in wahrer Sonnenzeit.}$$

Im Beyspiele, wo $\alpha = 18$; $\beta = 40791$, findet sich $\frac{86400.40791}{86418} = 40782{,}5$; also die Beobachtung nach wahrer ⊙zeit 40782, 5 Sec. oder 11 St. 19 Min. 42, 5 Sec. nach dem Mittage des 2 Jan.

Es ist aber $\frac{86400}{86400+\alpha}.\beta = \beta - \frac{\alpha\beta}{86400+\alpha}$. Diese letztere Formel gewährt eine leichtere Rechnung, weil man so im zweyten Gliede nur mit der kleinen Zahl α multipliciren darf, und nun findet, was von β abzuziehen sey, um die Angabe in wahrer Sonnenzeit zu erhalten. In unserm Beyspiele ist $\frac{18.40791}{86418} = 8{,}5$ Sec., welche man von 11 St. 19 Min. 51 Sec. abzuziehen hat. Wäre α negativ, so würde das zweyte Glied der Formel zu β hinzuzusetzen seyn.

Lehrreiche Betrachtungen über diese Verwandlung der Uhrzeit in wahre Sonnenzeit, und ihre Erleichterung durch Logarithmen und Tafeln hat Herr Kästner (Anfangsgr. der Astron. 3te Aufl. Göttingen, 1781. 8. S. 43 u. f. S. 317 u. f. ingl. Astronomische Abhdl. Erste Samml. Gött. 1772. 8. III Abhdl. §. 51. u. f.). angestellt.

Digitized by Google

Die Zeit, welche die Uhr zu Mittage weiſet, findet man entw der aus übereinſtimmenden Sonnenhöhen, oder aus dem Durchgange der Sonne durch die Mittagsfläche, in der man einen Faden ausſpannt, und die Zeit des Antritts des vordern und hintern Sonnenrandes an dieſen Faden bemerkt. Der halbe Unterſchied beyder Zeitpunkte zum erſten addirt oder vom letzten abgezogen giebt die Zeit des Durchgangs des Mittelpunkts d. i. des Mittags. Hat man der Witterung halber die Zeit an einem der nächſten Mittage vor und nach der Beobachtung nicht bemerken können, ſo iſt genug, wenn man ſie nur an irgend einem der vorhergehenden und einem der nachfolgenden bemerkt, und die Uhr indeſſen einen immer gleichen Gang behalten hat. Die Rechnung läſt ſich ſo abändern, daß ſie auch dieſem Falle Gnüge leiſtet. Hieraus wird begreiflich, warum es genug iſt, die Uhr nur ohngefähr nach einer gewiſſen Zeit zu ſtellen, da das Weſentliche blos auf die Gleichförmigkeit ihres Ganges ankömmt, bey welcher ſie doch die wahre Sonnenzeit, die man zu wiſſen verlangt, nicht unmittelbar zeigen könnte.

Zeitbogen, ſ. Stundenwinkel.

Zenith, Scheitel, Scheitelpunkt, Zenith, *Zenith*. Dieſen arabiſchen Namen giebt man in der Sternkunde dem Punkte Z, Taf. VIII. Fig. 2, den die durch das Auge o gezogne Scheitellinie oder Richtung der Schwere, oberwärts verlängert, an der ſcheinbaren Himmelskugel treffen würde — dem Punkte des Himmels, welcher gerade über dem Haupte des Zuſchauers ſtehet, und von ſelbigem als der oberſte oder höchſte Punkt des Himmels betrachtet wird. Dieſer Punkt iſt einer von den Polen des Horizonts, er ſteht nemlich von jedem Punkte dieſes Kreiſes um 90° ab, weil die Scheitellinie mit der Erdfläche überall rechte Winkel macht.

Wäre die Erde eine vollkommne Kugel, ſo würde unſer Zenith einerley mit dem Nadir unſerer Gegenfüßler ſeyn, ſ. Nadir. Da aber die Erde von der Kugelgeſtalt abweicht,

Digitized by Google

so trift dies nur für diejenigen Orte zu, welche unter dem Aequator und unter den Polen der Erde liegen.

Jeder Ort der Erdfläche hat sein eignes Zenith; und die Zeniths zweener verschiedenen Orte fassen am Himmel zwischen sich den Bogen eines grössten Kreises, welcher das Maaß des Winkels ist, um den sich die Scheitellinien oder Richtungen der Schwere an beyden Orten gegen einander neigen. Liegen sich zween Orte so nahe, daß man die Richtungen schwerer Körper an beyden als parallel ansehen kan, oder daß der Bogen, der ihren Unterschied mißt, gegen die Größe des ganzen Umkreises verschwindet, so ist auch der Unterschied ihrer Zeniths am Himmel nicht merklich, und man kan beyden einerley Zenith zuschreiben. So giebt man ganzen Städten nur ein einziges Zenith, wenn ihr Umfang gegen den ganzen Umkreis der Erdkugel nicht in Betrachtung kömmt. Bey sehr großen Städten muß man doch auf den Unterschied der Zeniths verschiedener Beobachtungsorte Rücksicht nehmen. So giebt es z. B. in Paris drey Sternwarten in solcher Lage, daß die bey der Ecole Militaire ihr Zenith um $7\frac{1}{2}''$, die beym Cabinet du Roi das ihrige um $14''$ weiter ostwärts hat, als die königliche.

Man findet das Zenith eines Orts mit Hülfe des Bleylothes, nach welchem eine Regel mit Dioptern oder die Axe eines Fernrohrs lothrecht gestellt werden kan, so daß das Auge dadurch gerade in den Scheitel sieht. Feststehende Vorrichtungen dieser Art dienen, Durchgänge der Sterne durch den Scheitel, oder ihre kleinen Abstände von demselben zu beobachten.

Das Zenith jedes Orts gehört für denselben in die unbewegliche Himmelskugel, und bestimmt seinen Horizont und Mittagskreis; daher man Städten, deren Zenith für einen einzigen Punkt angenommen wird, auch nur einen Horizont und einen Mittagskreis beylegen kan.

Zerbrechlich, Fragile, *Fragile*, *Cassant*. Ein fester Körper heißt zerbrechlich, wenn sich seine Theile durch Stoß oder Druck leicht vom Ganzen trennen lassen, oder

Digitized by Google

wenn ihr Zusammenhang unter einander gering ist. Das Wort ist nicht völlig gleichbedeutend mit spröde; indem man spröde auch solche Körper nennt, die zum Zerbrechen schon ziemliche Kraft erfordern, wenn sie nur noch eher zerbrechen, als sich beugen. Um einen Körper zerbrechlich zu nennen, erfordert man vornehmlich, daß ihn eine geringe Kraft trenne, wenn sie auf die Richtung seiner Länge, oder auf seine longitudinalfibern senkrecht wirkt, wie auf einen Stab, den man der Queere nach zerbricht. Manche Körper, z. B. die Fäden, sind nach dieser Richtung biegsam; hingegen lassen sie sich von Kräften, die nach der Richtung der Länge selbst wirken, gar leicht zertrennen. In diesem Falle sagt man aber nicht, daß sie zerbrechen, sondern daß sie zerreissen.

Zerlegung, Zersetzung, Scheidung, Analysis chymica, Disjunctio, *Analyse*, *Décomposition*. Die Theilung eines Körpers in ungleichartige Bestandtheile, z. B. des Zinnobers in Queckſilber und Schwefel. Sie wird der Zertrennung oder mechanischen Theilung entgegengesetzt, welche von dem Körper blos nebeneinander liegende und mit dem Ganzen gleichartige Theile absondert, s. **Theile der Körper.**

Die Zerlegung der Körper ist das Geschäft der Chymie, welche sich hiezu theils des Feuers, theils anderer Stoffe bedient, die durch ihre stärkere **Verwandschaft** irgend einen Bestandtheil des Körpers von den übrigen trennen, und dadurch den Körper selbst zersetzen, s. **Verwandschaft.** Hierauf beruhen die chymischen Mittel der Zerlegung, das Auflösen und Niederschlagen, das Schmelzen, Abrauchen, Destilliren, Sublimiren, wobey sehr oft nicht blos Zerlegungen, sondern auch neue Zusammensetzungen vorgehen.

Zerlegung der Kräfte und Bewegungen, Resolutio virium et motus, *Décomposition des forces et du mouvement*. So, wie sich statt zwoer Kräfte, die auf einen Körper zugleich wirken, oder statt zwoer Bewegungen, die ihm zugleich mitgetheilt werden, allemal eine ein-

Digitized by Google

zige dritte angeben läst, die allein eben das bewirkt, was die beyden vorigen zusammen hervorbrachten, s. Zusammensetzung der Kräfte und Bewegungen; so kan man sich auch umgekehrt statt einer Kraft, die auf den Körper wirkt, oder statt einer Bewegung desselben, zwo andere gedenken, welche zusammen auf ihn gleiche Wirkung mit jener thun würden. Man kan nach Erfordern der Umstände noch weiter gehen, und sich statt einer dieser Kräfte oder Bewegungen wiederum zwo andere von gleicher Wirkung gedenken u. s. w. Diese sehr brauchbare und an wichtigen Folgen ungemein reiche Vorstellung wird mit dem Namen der Zerlegung der Kräfte und Bewegungen bezeichnet.

Der Satz, auf welchen sich alle solche Zerlegungen gründen, ist folgender: Wenn MC (Taf. XXVII. Fig. 95.) die Richtung einer gewissen Kraft vorstellt, und man um diese Linie, als eine Diagonale, ein Parallelogramm MVTC beschreibt, so kan man sich die angenommene Kraft vorstellen, als wäre sie aus zwo Kräften zusammengesetzt, deren Richtungen MT, MV, wären, und deren Größen sich zur Größe der angenommenen Kraft, wie diese Linien zu MC, verhielten. Weil man das Parallelogramm MVTC auf unendlich verschiedene Arten zeichnen kan, so läst sich jede Kraft auf unzählige Arten in zwo andere zerlegen.

Der Satz selbst ist eine bloße Umkehrung des Satzes von zusammengesetzten Kräften, vermöge dessen Kräfte, deren Größen und Richtungen durch die Linien MT, MV ausgedrückt werden, auf den Punkt M zusammen, eben so, wie eine Kraft von der Größe und Richtung der Linie MC, der Diagonale des Parallelogramms MVTC, wirken. Diesen Satz haben einige als Grundsatz, oder auch als Erfahrungssatz angesehen, und durch Versuche bestätiget, welche eigentlich nur die zusammengesetzte Bewegung betreffen; aber Herr Kästner (Vectis et compositionis virium theoria evidentius exposita. Lipſ. 1754. 4.) hat einen scharfen Beweis desselben auf die Theorie des Hebels gegrün-

Digitized by Google

det, s. Zusammensetzung der Kräfte. Diesem Satze gemäß ist es nun gleichgültig, ob auf M die Kraft MC allein, oder die beyden MT, MV zusammen wirken; und wie sich jene erste statt der letztern setzen läst, so lassen sich auch umgekehrt die beyden letztern allemal statt jener ersten setzen.

Man kan fortfahren, MV wieder in MO und MR zu zerlegen, so ist dadurch die erste Kraft MC in drey andere MT, MO, MR zerlegt, u. s. w.

Dies alles gilt auch von **Bewegungen**, die durch gleiche Zeiten dauren. Denn da sich solche nach eben dem Gesetz, wie die Kräfte, zusammensetzen lassen, so lassen sie sich auch nach eben demselben zerlegen. Wenn nun hiebey die Bewegungen gleichförmig sind, so verhalten sich die Räume MC, MT, MV, welche in einerley Zeit durchlaufen werden, wie die Geschwindigkeiten. Also gelten die Sätze auch von den **Geschwindigkeiten**, und man kan die Geschwindigkeit nach MC in zwo andere nach MT, MV u. s. w. zerlegen, die sich zu jener, wie die genannten Linien, verhalten.

In dieser ganzen Lehre heißt die zerlegte MC allemal die **mittlere Kraft**, Bewegung oder Geschwindigkeit, die, in welche sie zerlegt wird, zusammen die **äussern**.

Man nenne die mittlere Kraft MC = p; sie soll in zwo äussere zerlegt werden, welche mit ihrer Richtung die Winkel o und u machen. Weil MVCT ein Parallelogramm seyn muß, so liegen bey C die den vorigen gleichen Wechselwinkel u und o; auch sind die Nebenwinkel von T und von V beyde = o+u, daher sin T = sin V = sin (o+u). Nun ist in den Dreyecken MTC und MVC,

sin T : MC = sin u : MT und sin V : MC = sin o : MV

daher sind die äussern Kräfte

$$MT = p \cdot \frac{\sin u}{\sin(o+u)} \text{ und } MV = p \cdot \frac{\sin o}{\sin(o+u)}.$$

Beyde verhalten sich unter einander, wie sin u : sin o, d. i. umgekehrt, wie die Sinus der anliegenden Winkel.

Digitized by Google

Will man eine Kraft in zwo andere zerlegen, deren Richtungen auf einander senkrecht sind, so ist $o+u=90°$, $\sin o+u=1$ und $\sin u=\cos o$; daher für diesen Fall

$$MT = p \cdot \cos o;\ MV = p \cdot \sin o.$$

Jede äussere Kraft verhält sich zur andern, wie der Cosinus des Winkels ihrer Richtung mit der Richtung der mittlern zum Sinus dieses Winkels; zur mittlern, wie eben dieser Cosinus zum Sinustotus.

Die Anwendungen dieser Sätze sind unzählbar, und erstrecken sich über den ganzen Umfang aller mechanischen Wissenschaften. So wird nach Taf. XXI. Fig. 129. die Wirkung der Kraft L auf die Ebne AB, nach der schiefen Richtung PM, so bestimmt, daß man sie in die beyden äussern Kräfte oder Theile $NM = L \cdot \cos o$ und $PN = L \cdot \sin o$ zerlegt, wovon jener senkrecht und ganz, dieser gar nicht auf die Fläche selbst wirkt, s. Schiefe Ebne (Th. III. S. 834). Wenn eine Kraft A mehrern andern B, C, D, entgegenwirkt, so zerlegt man A in eben so viel andere b, c, d, welche in den Richtungen von B, C, D, liegen: wenn alsdann alles im Gleichgewichte seyn soll, so müssen die b, c, d, den B, C, D gleich und entgegengesetzt seyn. Wenn mehrere Kräfte, auf welche Art es immer sey, so zusammen wirken, daß sie zum Theil einander aufheben, so zerlegt man sie in zweyerley Theile so, daß einige derselben sich völlig aufheben, die übrigen mit einander parallel wirken, und sich nach eben der Richtung ohne wechselseitige Störung zu einer Summe verbinden. Dieser Methode hat sich d'Alembert in seiner Dynamik mit vielem Vortheile bedient; auch findet man ein Beyspiel davon beym Worte Perturbationen (Th. III. S. 441. 442).

Zerreiblich, Friabile, *Friable*. So nennt man einen Körper, wenn er sich durch sehr geringe Kraft in ungemein feine Theile zertrennen läst, z. B. wenn man ihn durch gelindes Reiben zwischen den Fingern in ein feines Pulver verwandlen kan. Es wird hiezu erfordert, daß der Zusammenhang aller Theile, selbst der feinsten, sehr schwach und durchaus gleichförmig sey. Ist diese Gleich-

Digitized by Google

förmigkeit des Zusammenhangs nicht vorhanden, so trennen sich nur gröbere Theile oder Stücken ab, die aus feinern stärker zusammenhängenden bestehen, und der Körper heißt nur zerbrechlich, nicht zerreiblich, s. Zerbrechlich. Beyspiele zerreiblicher Körper sind Kreide, Gyps, calcinirte Knochen u. s. w.

Zersetzung, s. Zerlegung.

Zerstreuung des Lichts in Farben, s. Farbenzerstreuung.

Zerstreuungspunkt, s. Brennpunkt.

Zerstreuungsraum, s. Brennraum.

Zimmer, verfinstertes, dunkle Kammer, Camera obscura, *Chambre noire ou obscure.* Diesen Namen giebt man in den optischen Wissenschaften jedem eingeschloßenen Raume, in welchen kein Licht von aussen anders, als durch eine einzige sehr enge Oefnung, einfallen kan. Die Wirkung einer solchen Veranstaltung ist, daß sich die äussern Gegenstände, wenn sie stark genug erleuchtet sind, auf der der Oefnung gegenüberstehenden Wand oder auf einem dagegen gehaltenen Papiere, mit ihren natürlichen Farben in umgekehrter Stellung abbilden.

Diese Wirkung wird aus folgenden Betrachtungen begreiflich werden. Taf. XXVII. Fig. 96. sey ABCD ein eingeschloßner Raum, in welchen blos durch das Loch E Licht einfallen kan. Das Loch muß so klein seyn, daß es fast für einen einzigen Punkt angenommen werden kan. Unter dieser Voraussetzung sendet jeder Punkt des erleuchteten Gegenstandes FG nur einen einzigen Lichtstral durch E, welcher die gegenüberstehende Wand DC trift. So erhält jeder Punkt der Wand nur Licht von einem einzigen Punkte des Gegenstands, der mit ihm und E in gerader Linie liegt, z. B. f von F, g von G. Da nun jeder Punkt, der Licht bekömmt, der Erfahrung gemäß wieder Licht von sich sendet, so wird ein Auge, das die Wand DC betrachtet, von jedem Punkte derselben Licht bekommen, das von einem bestimmten Punkte des Gegenstands FG kam.

Digitized by Google

Es wird also eben dieselbe Empfindung haben, als ob es den zugehörigen Punkt des Gegenstandes selbst sähe. So wird F in f, und G in g erscheinen; es wird sich ein Bild des Gegenstandes (mit dessen natürlichen Farben, wenn die Wand weiß ist) zeigen, und zwar ein umgekehrtes, weil beym Durchkreuzen in E die obern Stralen herunter, und die von der rechten Seite auf die linke kommen.

Wenn man also ein Zimmer durch Verschließung der Fenster mit Laden vor allem Lichte verwahret, und nun in dem einen Laden eine kleine runde Oefnung läßt, so mahlen sich gegenüberstehende genugsam erleuchtete Häuser, Bäume, Menschen u. s. w. verkehrt an der Wand ab, und die Bilder werden desto größer, je weiter die Wand von der Oefnung absteht.

Dies setzt jedoch voraus, die Oefnung E sey ein bloßer Punkt. Bey der Anwendung selbst ist dies nicht möglich; denn da der Laden, um das Licht abzuhalten, eine gewisse Dicke haben muß, so muß das Loch, das in denselben cylindrisch eingebohrt wird, einen dieser Dicke gemäßen Umfang bekommen. Wäre es allzueng, so würden die Lichtstralen nicht durchgehen, sondern an die innern Wände des Lochs anstoßen, und daselbst aufgefangen werden. Man muß also vielmehr die Oefnung E als einen Cylinder betrachten, dessen innere Grundfläche ein kleiner Kreis ist. In diesem Falle sendet der Punkt F nicht blos den einzigen Lichtstral Ff, sondern den ganzen Stralenkegel Fvφ hindurch, und verbreitet das Licht, das er der Wand giebt, durch einen kreisförmigen Raum vom Durchmesser vφ. So vermischt sich auf einerley Punkte der Wand Licht von mehrern Punkten des Gegenstandes zugleich, wie z. B. auf h Licht von allen den Punkten fällt, die zwischen H und I liegen. Hieraus entsteht Undeutlichkeit des Bildes. Jeder Punkt des Gegenstands breitet sein Bild, welches auch ein Punkt seyn sollte, durch einen ganzen Kreis aus; diese Kreise greifen in einander, vermischen ihre Farben und machen die Umrisse verworren und unbestimmt. Bey dem allen bleiben die Bilder noch deutlich genug, so lang nur die Oefnung E nicht allzugroß ist.

Digitized by Google

Geſetzt aber, es würde bey E ein ganzes Fenſter geöfnet, ſo wird jeder Punkt, wie F, auf die Wand eine Stralenpyramide ſenden, von der das Fenſter einen Durchſchnitt ausmacht. Jeder Punkt wird nun ſein Licht auf der Wand durch die ganze Grundfläche dieſer Pyramide verbreiten. Jeder Punkt der Wand wird in unzählbaren ſolchen Grundflächen zugleich liegen, und Licht von unzählbaren Punkten des Gegenſtands zugleich erhalten, und ins Auge ſenden. Unter dieſen Umſtänden kan er dem Auge nicht mehr das Bild eines einzigen Punktes darſtellen, und in der Seele nicht mehr die reine unvermiſchte Empfindung einer beſtimmten Stelle des Gegenſtandes erwecken. Vielmehr bringen jetzt alle Punkte der Wand Licht ins Auge, das ſie von unzählbaren Stellen der Gegenſtände zugleich erhalten haben, und zeigen dadurch blos Licht oder Erleuchtung, wodurch die Wand ſelbſt ſichtbar wird, aber nicht mehr Bilder der Gegenſtände zeigt.

Man kan ſich eben dieſes auch noch ſo vorſtellen. Taf. XXVII. Fig. 97. würden drey Oefnungen übereinander im Laden KL, wie a, b, c, drey umgekehrte Bilder des Gegenſtandes FG geben. Oefnete man aber das ganze Fenſter KL, daß ſtatt dreyer Punkte a, b, c, nun unzähliche Punkte offen würden, ſo entſtünden auf der Wand DC, unzähliche Bilder, die überall auf einander lägen, mit ihren Grenzen in einander eingriffen, ſich vermiſchten, und ſo überhaupt nichts beſtimmtes, ſondern nur Licht, zeigten. So werden die Wände durch große Oefnungen blos erleuchtet; durch kleine hingegen entwerfen ſich ſo viel Bilder der äuſſern Gegenſtände, als Oefnungen ſind, und jedes Bild iſt deſto deutlicher, je kleiner die Oefnung iſt, durch die es entſtehet.

Wenn man in das Loch ein erhaben geſchliffenes Glas einſetzt, ſo werden die Bilder weit lebhafter; denn nunmehr vereiniget das Glas alle diejenigen Stralen in einerley Punkte der Wand, die aus einem Punkte des Gegenſtands auf ſeine ganze Fläche fallen, ſ. Linſengläſer. Soll hiebey die gehörige Deutlichkeit ſtatt finden, ſo muß die Wand vom Glaſe genau um die Vereinigungsweite ab-

Digitized by Google

ſtehen, welche für ſehr entfernte Gegenſtände der Brennweite gleich iſt, für nähere aber immer größer wird. Stehen alſo die abgebildeten Dinge in ſehr verſchiedenen Entfernungen vom Glaſe, ſo können ſie ſich nicht alle zugleich deutlich abbilden. Man muß alsdann das Bild mit einem beweglichen Schirme auffangen, oder die Glaslinſe verſchieben, oder auch ſtatt eines Glaſes zwey gebrauchen, deren Abſtand von einander ſich ändern läſt. Durch dieſe Mittel kan man der Vorrichtung für jede Entfernung des Gegenſtandes diejenige Stellung geben, bey welcher das Bild vollkommen deutlich und zugleich weit lebhafter, als ohne Hülfe des Glaſes, wird.

Man kan dieſe Camera obſcura mit dem Convexglaſe die dioptriſche nennen, und von der optiſchen unterſcheiden, bey der die Stralen blos durch eine kleine Oefnung ohne Glas einfallen.

Dieſe lehrreiche, nützliche und unterhaltende Vorrichtung ward um die Mitte des ſechszehnten Jahrhunderts von dem Neapolitaner Johann Baptiſta Porta erfunden, einem Gelehrten, der vielen Fleiß auf die Naturwiſſenſchaften verwendete, und ſich ſowohl durch Reiſen, als vermittelſt eigner Verſuche ſo gründlich zu unterrichten ſuchte, als es nach den Umſtänden der damaligen Zeit möglich war. Sein Haus ward von allen geſchickten Männern zu Neapel fleißig beſucht; auch errichtete er eine eigne Academia degli arcani, deren Mitglieder verbunden waren, unbekannte und zugleich nützliche Nachrichten und Erfindungen mitzutheilen, deren Verſammlungen aber vom römiſchen Hofe bald verboten wurden. Hiedurch verſchafte er ſich den Stof zu ſeinem merkwürdigen Werke (*I. B. Portae* ſ. *della Porta* Magiae naturalis ſ. de miraculis rerum naturalium libri IV. Neap. 1558. fol. und nach mehrern Ausgaben ſehr vermehrt in 20 Büchern Neap. 1589. fol.; nachher auch Rothomagi, 1650. 8. und Amſt. 1664. 12.), wo die Beſchreibung des verfinſterten Zimmers im ſiebzehnten Buche der vermehrten Ausgaben vorkömmt.

Porta ſagt daſelbſt, daß ſich durch ein kleines Loch im Fenſterladen alle äuſſern Gegenſtände auf einer dagegen ge-

Digitized by Google

haltenen Fläche mit ihren Farben abmalen, und durch ein in die Oefnung gestelltes Converglas noch deutlicher werden, sogar daß man die Gesichtszüge der Personen erkennen könne. Man habe sich bemüht, die Bilder aufrecht darzustellen; sie wären aber dadurch dunkel geworden und hätten alle Schönheit verlohren. Man könne mit Hülfe dieses verfinsterten Zimmers die genausten Abzeichnungen von Menschen und andern Dingen machen, und die Sonnenfinsternisse sehr bequem beobachten. Er nahm auch statt natürlicher Gegenstände kleine gemalte Bilder, die er nahe an den Brennpunkt des Linsenglases so stellte, daß sie von der Sonne erleuchtet wurden. Diese Bilder, verkehrt gestellt, erschienen im dunkeln Zimmer aufrecht und vergrößert. Da er ihnen allerhand Bewegungen geben konnte, so stellte er auf diese Art Jagden, Schlachten u. d. gl. vor — ein Kunststück, das in den damaligen Zeiten der Unwissenheit übernatürlich schien. Man bediente sich dieser Art von Vorstellungen lange Zeit zur Belustigung, bis Kircher dadurch auf die Erfindung der Zauberlaterne kam, die eben dieses bey Nacht bequemer nnd schicklicher leistet, s. Zauberlaterne.

Auch ward Porta durch die Versuche im dunkeln Zimmer überzeugt, daß das Sehen durch etwas entstehe, das von aussen ins Auge kömmt, und nicht durch Stralen, die vom Auge ausfließen. Die Aehnlichkeit zwischen der Entstehung der Bilder im Auge und im verfinsterten Zimmer ist auch in der That so auffallend, daß sie jedermann bemerken und überzeugend finden muste. Doch irrte Porta noch darinn, daß er den Stern im Auge mit der Oefnung, und die Krystallinse mit der Wand verglich, auf welche sich die Bilder malen. Erst Kepler zeigte richtig, daß die Krystallinse das Glas, und die Netzhaut die Wand vorstelle, s. Auge (Th. I. S. 193.).

Zum bequemern Gebrauch, besonders bey Abzeichnung der Gegenstände, hat man nachher die dunkle Kammer tragbar gemacht (Camera obscura portatilis). Anstatt ein ganzes Zimmer zu verfinstern, gebraucht man einen tragbaren Kasten, aus dem soviel möglich alles Licht aus-

Digitized by Google

geſchloſſen wird, bis auf dasjenige, ſo das Bild der Sache mit ſich führt. Man kan davon verſchiedene Arten angeben, dergleichen Hertel (Vollſtänd. Anweiſung zum Glasſchleifen. Halle, 1716. 8.), Doppelmayr (Weitere Eröfnung der Bionſchen mathematiſchen Werkſchule. Nürnberg, 1717. 4. S. 37.), Briſſon u. a. beſchreiben. Ich begnüge mich, hier eine der gewöhnlichſten vorzuſtellen.

Taf. XXVII. Fig. 98. ſind CDHG und IKLM zween übereinander geſtellte hohle Kaſten, der untere inwendig ſchwarz angeſtrichen. Der obere kleinere iſt bey GH offen, um das Licht von den Gegenſtänden AB einzulaſſen. In ſeiner Diagonalfläche ſteht der Planſpiegel GD unter einem Winkel von 45° gegen den Horizont geneigt. Im Boden befindet ſich ein kurzes Rohr mit dem erhabenen Linſenglaſe EF. Der Spiegel wirft den Lichtſtral, der von A horizontal auf ſeine Mitte fällt, lothrecht in der Axe des Glaſes nach a, und einen andern, der von B kömmt, durch des Glaſes Mitte ungebrochen nach b. Wenn nun der Boden des untern Kaſtens LM vom Glaſe um die gehörige Vereinigungsweite entfernt iſt, ſo kommen alle Stralen, die von A aufs Glas fallen, auf dem Boden in a, und alle, die von B kommen, in b zuſammen, und wenn man ein Reißbret mit weißem Papiere beſpannt dahin legt, ſo entwirft ſich auf ſelbigem das Bild ab. Die Seite KM iſt durch einen Deckel von Wachstuch NO verſchloſſen, den man aufheben kan, um das Auge und die Hand in den innern Raum zu bringen, und ſo das entworfene Bild, das ſich von dieſer Seite aufrecht darſtellt, abzuzeichnen. Wegen der verſchiedenen Entfernung der Gegenſtände kan die Linſe EF in ein engeres Rohr eingeſetzt werden, das ſich in dem weitern verſchieben, und nach Erfordern in andere Abſtände vom Boden LM bringen läſt.

Wenn der Planſpiegel in die andere Diagonalfläche CH ſo geſtellt wird, daß er die Spiegelfläche nach oben kehret, ſo wirft er die Stralen aufwärts; nun kan das Glas und der Kaſten IKLM über CDGH geſtellt, und das Bild ab an der Decke des Kaſtens mit einem mattgeſchliffenen Glaſe oder einem in Oel getränkten Papiere aufge-

fangen werden, woran es sich, weil diese Materien durchscheinend sind, auf der obern Seite ebenfalls darstellt, also bequem von aussen betrachtet und abgezeichnet werden kan. Diese tragbaren dunklen Kammern werden von den Künstlern häufig gebraucht, um Landschaften und Aussichten nach der Natur zu zeichnen, oder auch genaue Abbildungen von einzelnen Dingen zu verfertigen, so wie sich Cheselden derselben bedient hat, um richtige anatomische Zeichnungen der Knochen zu machen.

Inzwischen erinnert hiebey Herr Büsch (Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften. Hamburg, 1775. 8. S. 118.), die im Ganzen nützliche Camera obscura könne doch den Maler verführen, indem der, der sich blindlings daran halte, wirklich schlecht zeichne, und das Auge nicht gehörig täusche. Die Camera obscura entwerfe die Objecte blos nach dem Verhältnisse der Gesichtswinkel; die Seele aber beurtheile das Gesehene nicht nach den Gesichtswinkeln allein, sondern zugleich nach andern Datis. Wer also richtig zeichnen wolle, müsse die Gegenstände nicht so ausführen, wie sie sich in der Camera obscura entwerfen, sondern so groß, wie sie der Seele nach ihrem aus allen Datis zusammen bestimmten Urtheile vorkommen. Er müsse das Bild blos nützen, die Lage und Ordnung der Objecte zu bestimmen; nachher müsse er die Natur selbst studiren, um ihr das Bild in allem ähnlich zu machen. Herr Klügel ließ in der Camera obscura eine Anzahl kleiner Gärten mit einer dahinter liegenden Reihe hoher Häuser sich abbilden. Dabey schien alles dicht hinter einander zu liegen, die Häuser viel zu nahe, zu deutlich in den kleinen Theilen, z. B. den Dachziegeln, zu lebhaft in den Farben, und wie es ihm vorkam, auch zu groß. Das Helldunkle des Baumschlags hingegen fiel sehr natürlich aus.

Einzelne Gegenstände abzubilden, bleibt die Camera obscura immer ein sehr brauchbares Werkzeug. Will man dabey starke Vergrößerungen haben, so läst sie sich leicht mit dem Sonnenmikroskop verbinden, s. Sonnenmikroskop (oben S. 101.)

Digitized by Google

Sehr angenehme Darstellungen verschaft die Vorrichtung, welche Taf. XXVII. Fig. 99. vorgestellt wird. In dem Kasten ABCD ist in die Seite DC ein erhabnes Glas E eingesetzt, durch welches Stralen von den äussern Gegenständen einfallen. In der Diagonalfläche AC steht ein Planspiegel, oder auch ein Hohlspiegel, dessen Ebne oder Sehne mit dem Horizonte einen Winkel von 45° macht. Durch Glas und Spiegel zusammen, wird inwendig im Kasten ein Bild entworfen, welches horizontal liegt, wenn der Gegenstand selbst aufrecht steht. Dieses Bild wird aber nicht, wie in der Camera obscura, mit einer Wand aufgefangen, sondern, wie im Fernrohre, von dem Auge O durch das in der Seite AD befindliche erhabne Glas F betrachtet. Wer sich also hinter AB stellt, und den Kopf über AD beugt, sieht das Bild aufrecht. So wirkt dieses Werkzeug eigentlich, wie ein Fernrohr aus zwey Gläsern, dessen Axe durch den Spiegel gebrochen ist. Man bedient sich desselben, um Gegenstände, die man gewöhnlich aufrechtstehend nach dem Horizonte hin ansehen muß, von oben her und liegend zu betrachten, welches besonders für den Portraitmaler viel Bequemlichkeit hat. Weil man hiebey keine Vergrößerung verlangt, so kan man den Gläsern große Oefnungen geben, wodurch die Darstellung sehr licht und hell wird. Daher geben die Künstler diesem Werkzeuge den Namen der hellen oder lichten Kammer (Camera lucida). Braucht man für AC einen Hohlspiegel, so kan das Glas E ganz wegfallen, und die Oefnung bey E frey bleiben.

Käſtner Anfangsgründe der Optik. Dritte Aufl. Göttingen, 1780. 8. §. 26 u. f.

Smith's vollständig. Lehrbegrif der Optik, durch Käſtner. Altenburg, 1755. 4. III. B. Cap. 13.

Prieſtley Geſchichte der Optik, durch Klügel. Leipzig, 1776. gr. 4. S. 31 u. 519.

Briſſon Dictionn. raiſ. de Phyſ. Art. *Chambre noire.*

Zink, Spiauter, Conterfeit, Zincum, *Zinc.* Dieſen Namen führt ein bläulichweiſſes Metall, das zwiſchen den ſpröden und dehnbaren das Mittel hält, und

daher ehedem zu den sogenannten Halbmetallen gerechnet ward, s. Halbmetalle. Es läst sich nicht, wie die übrigen Halbmetalle, unter dem Hammer pülvern; vielmehr kan man es zu Drathe drehen und zu Blechen walzen, wiewohl seine Festigkeit nicht groß ist, und eine Stange von $\frac{1}{100}$ Zoll Dicke nach Muſſchenbroek schon von 76— 83 Pfunden Gewicht zerreißt. Das eigenthümliche Gewicht des reinen Zinks ist 6,862 mal größer, als das Gewicht des Wassers. Der im Handel vorkommende Zink enthält Bley, der goslarische etwas mehr, als der ostindische; daher gehen die Gewichte dieser Sorten von 7,065 bis 7,240.

Der Zink schmelzt noch vor dem Glühen in einer Hitze von ohngefähr 700 Grad nach Fahrenheit. Stark erhitzt wird er so spröde, daß man ihn nun im Mörser pülvern kan. Im Fluße, und wenn er nicht glüht, überzieht sich seine Oberfläche durch den Zutritt der Luft mit einem weißgrauen Kalke, durch dessen Hinwegnehmung nach und nach der ganze Zink mit $\frac{17}{100}$ Gewichtszunahme in Kalk verwandelt werden kan. Dieser Kalk läst sich mit etwa $\frac{1}{5}$ Kohlenstaub sehr leicht zu Metall reduciren.

Der bis zum Glühen erhitzte Zink bricht an der Luft in eine überaus lebhafte und glänzende Flamme aus, die an Schönheit, Farbe und Geruch fast der Flamme des Phosphorus gleicht, daher auch de Lassone, Wenzel u. a. eine Gegenwart des Phosphorus im Zink angenommen haben. Die Verbrennung erfolgt mit großer Heftigkeit, und treibt einen weißen Rauch auf, der sich zu leichten in der Luft herumfliegenden Flocken verdichtet. Wenn man diese Flocken auffängt, so erhält man die Zinkblumen oder die philosophische Wolle (flores Zinci, nihilum album, pompholyx), einen ungemein lockern und weißen Kalk, der sich sehr feuerbeständig zeigt, mithin nur durch die Heftigkeit der Verbrennung seiner großen Feinheit halber mechanisch fortgerissen wird. Die Gewichtszunahme bey der Verwandlung des Zinks in Blumen, steigt nach Herrn Abich (s. Crells neuste Entdeckungen Th. IV. S. 69.) auf 25 Procent. Auch die Verpuffung des Zinks mit dem Sal-

Digitized by Google

peter ist sehr lebhaft, und wird wegen der Weisse und des Glanzes ihrer Flamme in der Feuerwerkerey häufig gebraucht.

Luft und Wasser verändern den Zink wenig oder gar nicht: wenn aber Wasserdämpfe über glühenden Zink gehen, so geben sie nach Lavoisiers und Meusniers Entdeckungen brennbare Luft, und der Zink wird verkalkt.

Die Säuren wirken alle auf den Zink, und lösen ihn und seine Kalke auf. Die Auflösung in verdünnter Vitriolsäure entwickelt, mit Hitze und Aufbrausen, eine große Menge sehr leichter brennbarer Luft. Sie ist nach dem Durchseihen klar und farbenlos, und schießt in der Kälte zu Krystallen an, welche den weißen Vitriol oder Zinkvitriol ausmachen, s. Vitriol. Die Salpetersäure löset den reguliniſchen Zink mit ungemeiner Heftigkeit, Hitze und Entwickelung vieler Salpeterluft auf; die Auflösung giebt durchs Abrauchen den Zinksalpeter. Bey der Auflösung des Zinks in Salzsäure entwickelt sich brennbare Luft, und es fallen schwarze Flocken nieder, die noch nicht genug untersucht sind. Diese Auflösung läst sich nicht krystalliſiren, liefert aber durch die Destillation eine dickflüßige Zinkbutter, die man auch sogleich durch dephlogistiſirte Salzsäure und Zink erhalten kan. Auch die ätzenden Laugensalze greifen den Zink und seine Kalke an.

Schwefel und Schwefelleber hingegen verbinden sich nicht mit dem reguliniſchen Zinke, den man daher durch Zusammenschmelzen mit Schwefel von andern Metallen reinigen kan. Es muß aber dabey der Tiegel bedeckt werden, um die Verkalkung zu verhüten, weil nach den Versuchen des Herrn Dehne (in Crells chem. Journal. Th. VI. S. 49. und chem. Annalen 1787. B. 1. S. 7.) der verkalkte Zink sich mit dem Schwefel vereiniget.

Der Zink läst sich mit den meisten andern Metallen zusammenschmelzen, und giebt ihnen mehr Sprödigkeit: doch ist seine Vereinigung mit Bley, Wismuth, Eisen, Arsenikkönig und Nickelkönig sehr schwer zu bewirken, vielleicht bey einigen dieser Metalle ganz unmöglich. Mit dem Queckſilber amalgamirt er sich leicht im Schmelzen,

Digitized by Google

ſ. Amalgama, elektriſches. Die nützlichſte Verſetzung des Zinks iſt die mit Kupfer, womit er ſich im Fluße leicht vereiniget, wenn man nur dabey ſein Verbrennen verhütet. Das Kupfer wird dadurch gelb gefärbt, verliert nicht viel von ſeiner Geſchmeidigkeit, wird dagegen leichtflüßiger, und mehr gegen den Roſt geſichert, und erhält nach der verſchiedenen Menge des zugeſetzten Zinks die Namen Meſſing, Tombak, Prinzmetall, Pinſchbeck, Similor; ſ. Kupfer, Meſſing.

Der Zink iſt in einer großen Anzahl verſchiedener Erze mit vielen andern Metallen vereiniget. So findet man ihn z. B. im rammelsberger Bleyerze und in den meiſten Eiſenerzen. Als eigentliche Zinkerze betrachtet man den Galmey, der durch Luftſäure verkalkt und mit eiſenſchüßigem Thone gemengt iſt, und die Blende, ein ſchwefelichtes ſehr gemeines Erz, das auſſer dem Zink ſtets Eiſen und noch mehrere Metalle enthält. Den Galmey braucht man nur zur Bereitung des Meſſings, und nicht zu Gewinnung des Zinks ſelbſt, wozu die Arbeit in verſchloßnen Gefäßen müſte unternommen werden. Der oſtindiſche Zink wird vielleicht aus einem eignen Erze erhalten, in Europa ſammlet man blos den Zinkgehalt nebenbey aus Bearbeitungen der Erze anderer Metalle.

Der vornehmſte Nutzen des Zinks beſteht in ſeinem Gebrauche zur Bereitung des Meſſings und vieler andern Compoſitionen. Malovin (Mém. de l'acad. de Paris, 1742. 1743.) hat ſtatt der Verzinnung der Küchengeſchirre eine Verzinkung derſelben vorgeſchlagen, welche wegen der Strengflüßigkeit des Zinks dauerhafter und keiner Bleyverfälſchung unterworfen ſeyn würde. Es iſt aber dabey zu bedenken, daß ſich der Zink ſehr leicht, ſelbſt in ſchwachen Pflanzenſäuren, auflöſet, und alsdann Uebelkeiten und Erbrechen verurſacht. In der Arzneykunde werden aus dem Zinkvitriol und den Zinkblumen Brechmittel bereitet, die letztern auch äuſſerlich als ein trocknendes, reinigendes und ſtärkendes Mittel, vorzüglich in Augenkrankheiten, gebraucht.

M. cquer chym. Wörterbuch, durch Leonhardi, Art. Zink. Gren ſyſt. Handbuch d. geſ. Chemie, II. Th. 2 B. §. 2973 u. f.

Digitized by Google

Zinn, Stannum, *Etain*. Ein im Feuer nicht beſtändiges, ziemlich dehnbares Metall, von einer ſtark glänzenden weiſſen Farbe, die aber doch dunkler, als die des Silbers iſt. Es iſt nach dem Bleye das weichſte und am wenigſten elaſtiſche unter allen Metallen, hat auch keine beträchtliche Zähigkeit, indem ein Zinnfaden von $\frac{1}{10}$ Zoll Durchmeſſer nach Muſſchenbroek ſchon von 49$\frac{1}{2}$ Pfund Gewicht zerreißt. Wenn man es beugt, oder zwiſchen den Zähnen drückt, ſo hört man ein ihm eignes Knirſchen (ſtridor ſtanni, *cri de l'étain*); auch hat es gerieben oder erhitzt einen eigenthümlichen Geruch und widrigen Geſchmack.

Seine ſpecifiſche Schwere iſt gering, und geht in den verſchiedenen Sorten deſſelben von 7,180 bis 7,264, die des Waſſers = 1 geſetzt. Das verkäufliche Zinn iſt ſelten rein, und mit andern Metallen, am gewöhnlichſten mit Bley, vermiſcht, daher etwas ſchwerer.

Es iſt ſehr leichtflüßig, und ſchmelzt ſchon bey 420 Grad nach Fahrenheit lange vor dem Glühen. Beym Zutritte der Luft überzieht es ſich im Fluße mit einem Häutchen von grauem Kalk, der Zinnkrätze (*craſſe de l'étain*), in welche ſich nach und nach das ganze Zinn mit 10 Procent Gewichtszunahme verwandelt. Dieſe kan ſehr leicht wiederhergeſtellt werden, giebt aber durch fortgeſetztes Ausglühen die weißere und ſtrengflüßigere Zinnaſche (cineres ſtanni, *cendres de l'étain*), welche zur Baſis der weißen Email dienet, weil ſie ſich nicht bis zur Durchſichtigkeit verglaſet. Dieſe iſt weit ſchwerer zu reduciren, und wird zum Poliren der Gläſer und Metallſpiegel gebraucht. In ofnen Gefäßen bis zum Glühen erhitzt brennt das Zinn endlich mit einer kleinen hellweißen Flamme, und giebt einen weißen Dampf, der ſich als ein glänzender nadelförmiger Kalk anlegt. Die Dämpfe, welche bey den Verkalkungen des Zinns aufſteigen, haben einen knoblauchartigen Geruch.

Luft und Waſſer benehmen zwar der Oberfläche dieſes Metalls nach und nach ihren Glanz; aber der leichte Roſt, welcher ſich daran erzeugt, bleibt doch immer nur dünn, und greift nie tief in die eigentliche Maſſe.

Digitized by Google

Das reguliniſche Zinn wird von allen Säuren angegriffen; der Kalk deſſelben aber deſto ſchwerer, je mehr er dephlogiſtiſiret iſt. Die Vitriolſäure muß, um Zinn aufzulöſen, concentrirt ſeyn und durch Wärme unterſtützt werden. Salpeterſäure wirkt ſehr heftig auf das Zinn, und entwickelt daraus mit Aufbrauſen und Hitze viele Salpeterluft. Sie zerfrißt aber vielmehr das Metall zu einer weißen Zinnaſche, als daß ſie es eigentlich auflöſen ſollte. Die Salzſäure löſet es ſehr wohl auf, entwickelt Dämpfe, welche nach Knoblauch riechen, und kan concentrirt über die Helfte von dieſem Metalle in ſich nehmen. Auch das Königswaſſer iſt ein ſehr wirkſames Auflöſungsmittel des Zinns. Die damit bereitete Zinnſolution wird in der Färbekunſt unter dem Namen der **Compoſition** zur Erhöhung der Farben, beſonders zum Scharlachroth und Bereitung des Carmins aus der Cochenille gebraucht, wobey die Farbe deſto lebhafter und gelber wird, je mehr das Königswaſſer Salpeterſäure enthält. Aetzende Laugenſalze greifen die Zinnkalke an, das reguliniſche Zinn aber wird nur von den feuerbeſtändigen zum Theil aufgelöſet.

Der Schwefel ſchmelzt mit dem Zinne ſehr leicht zu einer ſtrengflüßigen ſpröden Maſſe zuſammen, die beym Erkalten breite flachgedrückte Nadeln bildet. Aus 12 Theilen Zinn und 7 Theilen Schwefelblumen, mit einem Zuſatze von 3 Theilen Queckſilber und 3 Theilen Salmiak, erhält man das ſogenannte **Muſivgold** (aurum muſivum ſ. moſaicum), wobey das Queckſilber zur beſſern Vertheilung des Zinns dient, und der Salmiak das Schmelzen des Schwefels verhütet. Regiert man hiebey das Feuer ſo, daß die Maſſe niemals fließt, ſo ſublimirt ſich etwas Zinnober mit ſalzſaurem Zinne, und das übrige bleibt als Muſivgold auf dem Boden des Kolbens.

Das Zinn verbindet ſich durch die Schmelzung mit allen Metallen und in allen Verhältniſſen, entzieht ihnen aber dabey nach Beſchaffenheit des Verhältniſſes einen großen Theil ihrer Geſchmeidigkeit, und zwar dem Golde und Silber am meiſten, ſo daß ſchon der bloße Dampf des Zinns eine beträchtliche Menge dieſer Metalle ſpröde macht. Auch

Digitized by Google

das Kupfer erhält durch Versetzung mit Zinn mehr Sprödigkeit, Härte und Klang, wie man aus den Eigenschaften der Glockenspeise sieht, obgleich das Zinn an sich ein weiches und klangloses Metall ist. Aehnliche Compositionen werden auch zu den Metallspiegeln der Teleskope gebraucht, s. Spiegeltelescop. Die Verbindung oder Verquickung des Zinns mit dem Queckſilber giebt das zu Belegung der Glasspiegel dienende Amalgama, und die Versetzung mit gleichen Theilen Bley das Loth der Bleygießer.

Aus der Goldauflösung in Königswasser wird sowohl durch reguliniſches Zinn, als durch eine verdünnte ebenfalls in Königswasser gemachte Zinnsolution der Mineralpurpur oder das Goldpräcipitat des Caſſius niedergeſchlagen, welches ein Gemiſch von Goldkalk und Zinnkalk iſt, das ſich in Königswasser auflösen, aber ſchwer im Feuer wiederherſtellen läſt, und daher zum Rothfärben des Glaſes, und zur Porzellan- und Emailmalerey gebraucht wird. Die Erklärung dieſes Phänomens hat viele Schwierigkeiten. Am wahrſcheinlichſten iſt, was Herr Leonhardi und Bergmann hierüber geſagt haben, daß der im Königswaſſer enthaltene dephlogiſtiſirte Goldkalk den Brennſtoſ aus der Zinnſolution (welche bey dieſer Bereitung allemal phlogiſtiſirt ſeyn muß) anziehe, daher beyde Kalke aus dem verdünnten Menſtruum niederfallen, der Goldkalk, weil er nur im dephlogiſtiſirten, und der Zinnkalk, weil er in dieſem verdünnten Menſtruum nur im phlogiſtiſirten Zuſtande auflöslich ſey; wobey jedoch der Goldkalk nicht ſtark genug phlogiſtiſirt werde, um im reguliniſchen Zuſtande zu erſcheinen.

Eine andere merkwürdige Bereitung liefert das Zinn, wenn es mit dem Queckſilberſublimate vermiſcht und deſtilliret wird. Es geht alsdann die Kochſalzſäure des Sublimats mit dem Zinne, als eine flüchtige rauchende Auflöſung über, die man Libavs rauchenden Geiſt (ſpiritus fumans *Libavii* ſ. *Caſſii*), und ihren dickern Theil auch Zinnbutter nennt, der ſich aber von dem gewöhnlichen

salzsauren Zinne merklich unterscheidet, vermuthlich darum, weil die Salzsäure darinn so, wie im Sublimate selbst, in dephlogistisirtem Zustande enthalten ist.

Man findet das Zinn immer vererzt, und zwar vorzüglich durch Arsenik. Die Zinngraupen sind meistens von brauner Farbe, die einerseits ins hyacinthgelbe, andrerseits ins dunkelste Schwarz übergeht; ihre Krystallisation ist mehrentheils eine doppelte vierseitige Pyramide. Zinnzwitter nennt man die kleinen in ihr Muttergestein eingesprengten meist nadelförmigen vierseitigen Zinnkalkkrystallen. Der eigentliche derbe Zinnstein, oder ungeformte Zinnkalk hat gewöhnlich die Farbe der Zinngraupen. In Cornwall findet man Zinn durch Schwefel vererzt, oder Zinnkies, der jedoch fast noch mehr Kupfer hält, und daher in England Glockenspeiserz (*bell-metal ore*) genannt wird. Eben daselbst trift man auch den sonderbaren braunen Zinnkalk an, der wegen seiner Aehnlichkeit mit dem Nußbaumholze den Namen des Holzzinns (*wood-tin*) führet. Was man sonst irrig weiße Zinngraupen nannte, ist der Schwerstein oder Tungstein der Schweden, ein weißes Erz des Wolframmetalls, oder eine eigne mit Kalkerde verbundene Säure, s. Metalle.

Das Zinn wird nicht allein zu einer großen Menge von Geräthschaften und zu Ueberziehung der kupfernen Küchengeschirre, sondern auch zu mannigfaltigen Versetzungen mit andern Metallen in den Künsten häufig benützt. Auch seine Bereitungen sind zu vielerley Absichten von ausgebreitetem Nutzen. Die Zinnasche dient zum Glas- und Edelsteinpoliren und zu Opalflüßen. In der Arzneykunde werden die Zinnbereitungen wenig oder gar nicht gebraucht: nicht eben wegen des nach Henkel und Marggraf (Chym. Schriften, Th. II. S. 87. und 106.) stets mit dem Zinne verbundenen Arseniks, dessen Menge Bayen und Cherlard (Recherches chymiques sur l'étain, faites par l'ordre du gouvernement. à Paris, 1781. 8.) viel zu gering gefunden haben, um einige schädliche Wirkung hervorbringen zu können; sondern vielmehr darum, weil man in allen

Fällen wirksamere Mittel kennt, als die Zinnbereitungen gewähren würden.

Macquer chymisches Wörterbuch durch Leonhardi, Art. Zinn.

Gren syst. Handb. der ges. Chemie, II Th. 2 Band, §. 2899. u. f.

Zitteraal, Zitterfisch, Drillfisch, Gymnotus electricus, Gymnotus tremulus, *Anguille tremblante, ou électrique.* Ein Fisch aus Surinam und Cayenne, der, so lang er lebt, eine besondere sehr starke Elektricität besitzt, mittelst deren er Menschen und Thieren, die sich ihm nähern, einen betäubenden Schlag mittheilen kan. Menschen, die ihn im Wasser berühren, werden dadurch ungemein erschüttert, und Fische, die ihm zu nahe kommen, sogar getödtet. Diese Elektricität scheint im Schwanze des Fisches am stärksten zu seyn, und pflanzt sich, wenn er sich schnell im Wasser bewegt, bis auf eine Entfernung von 15 Fuß fort. Man fühlt die Erschütterung am heftigsten, wenn man ihn mit Leitern, z. B. mit Eisen oder einem mit Metall beschlagnem Stabe, vornehmlich mit einem metallnen Ringe, berührt. Dagegen empfindet man nichts bey der Berührung mit einer Stange Siegellak, oder einem andern Nicht-leiter.

Diesen Fisch hat zuerst van **Berkel** zwischen 1680 und 1689 bekannt gemacht (s. dessen Reise nach Rio de Berbice, in der Sammlung seltener und merkwürdiger Reisegeschichten. Memmingen, 1789. 8. S. 220). **Richer**, der 1671 nach Cayenne gieng, hatte schon in seinem Tagebuche bemerkt, es gebe daselbst einen 3 – 4 Schuhe langen Fisch, der mit dem Finger oder mit einem Stabe berührt den Arm erstarren mache und Schwindel errege, welches **Duhamel** (Hist. regiae scient. Acad. p. 168.) anführt. Man zog aber in neuern Zeiten diese Erzählungen in Zweifel, oder war doch nicht geneigt, Elektricität dabey zu vermuthen, als welches selbst **Nollet** (Hist. de l'acad. roy. de Paris, ann. 1760. p. 21.) noch für unwahrscheinlich erklärt. Der erste, der Elektricität dabey vermuthete, war Adan-

Digitized by Google

ſon im Tagebuche ſeiner Reiſe 1751 (ſ. *Rozier* Obſ. ſur la phyſ. To. V. 1775. May p. 444). Endlich ward durch **Seba, Artedi, Gaubius** und **Allamand** (Haarlemer Verhandelingen, II Deel, p. 372.) und **Gronov** (Deſcriptio gymnoti tremuli, in Actis Helvet. Baſil. 1760. p. 26.) die Beſchreibung des Fiſches ſelbſt und ſeiner Eigenſchaften bekannter. Was man damals von ihm erfuhr, wird beym **Muſſchenbroek** (Introd. ad philoſ. nat. Lugd. Bat. 1762. 4. To. I. §. 901) ſehr vollſtändig erzählt.

Im 65ſten Bande der Transactionen finden ſich mehrere wichtige Beyträge zur Geſchichte des Zitteraals von **Hugh Williamſon** (Exp. and obſ. on the Gymnotus Electricus, or Electrical Eel, P. I. n. 10. p. 94.) und **Alexander Garden** (An account of the Gymnotus Electricus, n. 11. p. 102.), vorzüglich aber **Hunters** Zergliederung eines ihm von **Walſh** verſchaften Thieres dieſer Art (An account of the Gymnotus electricus, by *John Hunter*, P. II. num. 39. p. 395.). Die erſchütternden Werkzeuge machen an Größe vielleicht mehr, als ein Drittel des ganzen Thieres, aus. Es giebt an jeder Seite ein großes und ein kleines Organ, wovon das große ſich faſt nach der Länge des ganzen Körpers erſtreckt, und am Ende des Schwanzes in eine Spitze ausläuft. Die kleinern Werkzeuge befinden ſich an jeder Seite an dem untern Rande der größern vorn am Körper, und laufen auch bis zum Ende des Schwanzes. Beyderley Werkzeuge haben viele Scheidewände, die nach der Länge des Körpers parallel laufen, und deren Zwiſchenräume durch queer durchgehende Häute in viele Fächer getheilt werden. Dieſe Werkzeuge bekommen aus dem Rückenmarke allerwärts weit ſtärkere Nerven, als die übrigen Theile des Körpers, auch haben ſie eine große Menge kleiner Blutgefäße.

D. Schilling, Arzt der Colonie zu Surinam, hatte der berliner Akademie der Wiſſenſchaften (Nouv. mém. de l'acad. de Berlin, 1770. p. 68. ingl. Obſ. phyſica de torpedine piſce in Diatribe de morbo in Europa pene ignoto, quem Americani Jaws vocant. Traj. ad Rhen. 1770.) Nachricht von einigen Verſuchen gegeben, welche eine Ver-

Digitized by Google

bindung der Eigenschaften dieses Fisches mit dem Magnete zu beweisen schienen. Bey der Annäherung eines armirten Magnets ward der Fisch zuerst unruhig, und bey der Berührung mit demselben stark erschüttert. Legte man den Magnet ins Wasser, so ward der Fisch nach einiger Zeit ganz still, und kam von selbst an den Magnet heran, als ob er von dem umgebenden Wasser angezogen und zurückgehalten würde. Nach einer halben Stunde zog er sich sehr geschwächt vom Magnete wieder zurück, hatte aber nun alle Erschütterungskraft verlohren, so daß man ihn ohne Schaden berühren und in die Hände nehmen konnte. Die beyden Pole des Magnets schienen wie mit Feilspänen überzogen. Der Fisch erlangte einige Kraft wieder, nachdem man ihn ein paar Tage mit Brod gefüttert hatte; als man aber Eisenfeile ins Wasser warf, sammlete er bald alle vorige Kraft von neuem.

Diese Versuche des D. **Schilling** sind von vielen als ein Hauptbeweis für die Uebereinstimmung und Identität der Elektricität mit dem Magnetismus angesehen worden. Man hat sie aber nachher mit dem besten Apparat von Instrumenten und der größten Sorgfalt wiederholt, und ganz und gar **unrichtig** befunden. D. **Ingenhouß** (Vermischte Schriften, herausg. v. N. C. **Molitor**. Wien, 1784. gr. 8. Th. I. S. 413.) untersuchte die Sache in London 1778, wo **Walsh** einen dieser seltenen Fische besaß, um dessen willen er eigends einen Mann auf seine Kosten nach Surinam geschickt hatte. D. **Ingenhouß** gieng in Gesellschaft des D. **Beerenbroek** mit mehrern Magnetnadeln und starken Magnetstäben von Knight versehen, dahin, fand aber den Fisch gegen alle magnetische Kraft schlechterdings unempfindlich. Das Thier unterschied den Magnetstab nicht im geringsten von einem andern Stücke Metall, und gab einem Menschen, der beyde Hände, eine beym Kopfe, die andere beym Schwanze des Fisches ins Wasser hielt, einen starken Schlag, obgleich ein großer Magnetstab untergehalten ward: auch brachte es die Magnetnadel nicht im mindesten in Unordnung. **Walsh** selbst versicherte ebenfalls, Schillings Versuche aufs sorg-

Digitized by Google

fältigste geprüft, aber nie einen Einfluß des Magnets auf den Fisch, oder dieses auf jenen, bemerkt zu haben.

Dagegen fand D. Ingenhouß, und schon vorher Walsh, an diesem Fische ein von allen bekannten Empfindungen ganz verschiedenes Gefühl, oder einen eignen Sinn, mittelst dessen derselbe wahrnimmt, ob er die Körper, die in seinen Wirkungskreis kommen, treffen könne. Er wird es nemlich vollkommen gewahr, ob die leitende Verbindung, die man ihm darstellt, unterbrochen ist, oder nicht, ohne daß er das, was vorgeht, zu sehen braucht. Z. B. eine Gesellschaft von zehn Personen, Hand in Hand, stellt sich so, daß der Fisch nur die zween letzten sieht, davon die eine den Finger bey seinem Kopfe, die andere bey dem Schwanze, ins Wasser hält. Wenn diese zehn Personen einander mit den Händen fassen, so bemerkt es der Fisch, und schleudert den Erschütterungsfunken durch die ganze Gesellschaft. Sobald hingegen diese sich trennt, wird er es den Augenblick wahrnehmen, und sich nun hüten, seinen Blitz abzuschießen, überzeugt, daß dieser keine Wirkung haben würde. Sollte aber nicht in dieser Bemerkung der Willkühr des Thieres zuviel beygelegt seyn? Die Auslassung des Funkens kan ja in gewissen Fällen auch unwillkührlich erfolgen, und sehr wahrscheinlich mag dies der Fall seyn, wenn zwischen Kopf und Schwanz des Fisches eine leitende Verbindung gemacht wird. Alsdann entladen sich beyde Seiten, wenn die Verbindung vollkommen ist; hingegen entladen sie sich nicht, wenn Trennungen oder allzustarke Unterbrechungen statt finden, eben so und aus eben den Ursachen, wie bey jeder leidner Flasche. Bey dieser sehr natürlich scheinenden Erklärung hat man gar nicht nöthig, eine Wahl und einen bemerkenden Sinn des Thieres anzunehmen, so wenig als sich dergleichen bey der leblosen Flasche gedenken läst.

Man behauptete sonst, die Elektricität des Zitteraales sey ohne alles Licht. D. Ingenhouß aber versichert (Vermischte Schriften, Th. I. S. 30. 31.), Walsh habe den Ausbruch derselben mit einem eben so sichtbaren Funken begleitet gefunden, als die Entladung einer leidner Flasche;

Digitized by Google

er ſelbſt ſey von dieſem intereſſanten Verſuche Augenzeuge geweſen. Eben dieſes findet man auch von Bayon (*Rozier* Obſ. ſur la phyſ. Octobr. 1776,) beſtätiget.

In den Transactions of the american philoſophical Society, held at Philadelphia (Philadelph. 1786. 4. To. I.) werden noch einige leſenswürdige Bemerkungen über den Zitteraal von William Bryant und Collins Flagg mitgetheilt. Der letztere will gefunden haben, daß Perſonen, welche mit der Auszehrung behaftet ſind, dieſen Aal ohne die mindeſte Empfindung angreifen konnten, obgleich ſonſt ſeine Erſchütterungen weit betäubender waren, als die elektriſchen. Es koſtete Mühe, den Aal, wenn er einmal aus dem Waſſergefäße gekommen war, wieder in daſſelbe hineinzubringen; ſelbſt durch ein Stück Tannenholz von 18 Zoll Länge fühlte man noch ſtarke und oft wiederholte Schläge. Man erzählte, daß ein ſolcher Aal einen Mohren, der ihn aus Pralerey muthwillig behandlete, auf Lebenszeit gelähmt habe. Bryant beſchreibt noch einen andern elektriſchen Aal, der nach Willkühr die Schläge ſtärker oder ſchwächer mittheilen konnte.

Erxleben Anfangsgr. der Naturl. durch Lichtenberg, Fünfte Aufl. Göttingen, 1791. 8. §. 551. 570 a.

Ingenhouß Vermiſchte Schriften, a. a. O.

Magazin für das Neuſte aus der Phyſik und Naturg. V. B. 3 St. Gotha, 1788. 8. S. 163 u. f.

Zitterfiſche, elektriſche Fiſche, Piſces electrici, *Poiſſons électriques*. Man kan mit dieſem allgemeinen Namen alle diejenigen Fiſche belegen, welche das Vermögen beſitzen, Körpern, die ſie unmittelbar oder vermittelſt leitender Materien berühren, elektriſche Erſchütterungen mitzutheilen. Es ſind deren bereits vier bekannt. Da von dem ſogenannten Zitteraale der vorhergehende Artikel beſonders handlet, ſo ſind hier noch die drey übrigen, der Krampfroche, der Zitterwels, und ein neuentdeckter von dem Geſchlechte der Stachelbäuche, zu betrachten.

Der Krampfroche, Zitterroche, Krampffiſch, Raja Torpedo, *Torpille*, *Tremble* iſt eine Rochenart des

mittelländiſchen Meeres, der Oſtſee und einiger andern Gewäſſer, von der es längſt bekannt iſt, und ſchon bey den Alten erzählt wird, daß ſie die Thiere, die ſich ihr nähern, betäube und die Arme derer, die ſie berühren, erſtarren mache. Es hängt auch von der Willkühr dieſes Thieres ab, den Körper, den es berührt, durch einen Schlag zu erſchüttern, welcher dem elektriſchen ähnlich iſt. Lange Zeit hat man die Eigenſchaften dieſes Fiſches von andern Urſachen, z. B. von einer beſondern Kälte, von einem ſehr ſchnellen Schlage der berührten Muſkeln u. d. gl. herzuleiten geſucht (ſ. *Reaumur* des effets, que produit le poiſſon appellé en François *Torpille* ou *Tremble*, ſur ceux, qui le touchent, et de la cauſe, dont ils dependent, in den Mém. de l'acad. de Paris, 1714. p. 344). Nachher fieng man an, Elektricität dabey zu vermuthen, zumal da der ſurinamiſche Zitteraal nach und nach bekannter wurde, welchen man im Anfange mit dieſem Fiſche häufig verwechſelte. Selbſt Muſſchenbroek (Introd. ad philoſ. nat. To. I. §. 901 ſqq.) und Prieſtley (Geſchichte der Elektricität, durch Krünitz S. 277.) ſcheinen beyde Arten noch nicht ganz richtig zu unterſcheiden.

Um 1773 ward es endlich durch Walſh (On the electric property of the Torpedo in Philoſ. Trans. Vol. LXIII. p. 461) auſſer Zweifel geſetzt, daß die Eigenſchaften dieſes Fiſches ganz von der Elektricität abhängen. Das Thier hat an beyden Seiten ſeines Körpers beſondere ſechseckigte Prismen von Fleiſchfaſern, welche an ihrem obern und untern Ende entgegengeſetzte Elektricitäten zeigen. Walſh ſtellte die Verſuche hierüber zu Rochelle, zum Theil vor der dortigen Akademie, an. Er erſchütterte dadurch vier, nachher acht Perſonen zugleich, leitete auch den Schlag durch einen langen Drath, den zwo iſolirte Perſonen hielten, wovon die eine die obere, die andere die untere Oberfläche des Krampfrochens berührte. Durch Glas oder Siegellak gieng die Erſchütterung nicht. Ein iſolirter Fiſch gab einer iſolirten Perſon in 1½ Minuten an 50 Schläge, wovon die letzten an Stärke den erſten wenig nachgaben. In der Luft ſchienen die Erſchütterungen viermal

ſtärker, als im Waſſer. Die Betäubung ſchreibt Walſh einer ſucceſſiven, die Erſchütterung hingegen einer einzigen allgemeinen Entladung aller Cylinder in einem Augenblicke zu. Dieſen Nachrichten fügt Hunter (Anatomical obſervations on the Torpedo, ibid. p. 481.) die Zergliederung eines Krampfrochens bey. Die elektriſchen Werkzeuge deſſelben liegen an den Seiten der Hirnſchale und der Kiefern, und gehen von da bis zu den halbkreisförmigen Knorpeln der großen Seitenfloßfedern; der Länge nach reichen ſie von dem vordern Ende des Thieres bis zu dem Queerknorpel, der Bruſt und Bauch von einander abſondert: innerhalb dieſer Grenzen nehmen ſie den ganzen Raum zwiſchen der obern und untern Haut ein. Am dickſten ſind ſie nach der Mitte des Fiſches hin, am dünnſten nach den Seiten. Sie beſtehen aus lauter ſenkrechten Prismen, $\frac{2}{10}$ Zoll im Durchmeſſer dick. Die Geſtalt der Prismen iſt unordentlich ſechs- und fünfeckigt, an der Zahl bey dem von H. beſchriebenen Thiere ohngefähr 470 in jedem Werkzeuge, bey einem andern 1182. Mit dem Alter des Thieres vergrößert ſich ihre Anzahl. Jede Säule iſt in ſehr geringen Zwiſchenräumen durch eine dünne Zwiſchenhaut häufig horizontal getheilt, und in einer 1 Zoll langen Säule konnte H. ſolcher Theilungen 150 zählen. In den Zwiſchenräumen ſcheint eine flüßige Materie enthalten zu ſeyn. Dieſe Werkzeuge haben auch viel Blutgefäße, und vorzüglich eine auſſerordentliche Menge von Nerven. Walſh (Phil. Trans. Vol. LXIV. P. 2. num. 46. p. 464.) giebt noch Nachricht von einigen an der engliſchen Küſte in Devonſhire gefundenen Zitterrochen, wovon der eine 4 Fuß lang war, und 54 Pfund wog. Die erſchütternden Werkzeuge waren im Genuße unſchädlich, aber unſchmackhaft ſchleimicht.

D. Ingenhouß (Phil. Trans. Vol. LXV. P. I. p. 1.) hatte indeſſen zu Livorno ähnliche Unterſuchungen über eben dieſe Fiſche angeſtellt. Er gab einigen Seeleuten den gewöhnlichen elektriſchen Schlag, und alle verſicherten, es ſey dies eben die Empfindung, die man bey Berührung eines Zitterrochen fühle. Er ſelbſt hatte von der Wirkung des Fiſches das Gefühl, als ob mehrere ſehr kleine Ladungs-

flaſchen ſchnell hinter einander durch ſeine Hand entladen würden, wobey die Erſchütterung bisweilen kaum eine, bisweilen 2—3 Secunden dauerte. Ob man mit dem Finger ſtark oder ſchwach drückte, war in der Stärke der Erſchütterung einerley; wenn man aber den Fiſch beugte, ſo gab er häufigere Schläge.

Dieſe Verſuche ſetzen es auſſer allen Zweifel, daß die Erſchütterungen dieſes Fiſches elektriſche Erſcheinungen ſind. Die von D. Schilling vorgegebne Verbindung derſelben mit dem Magnete (ſ. den Art. Zitteraal) iſt nicht nur von Walſh und Ingenhouß, ſondern auch von Spallanzani (Brief an den Marcheſe Lucheſini in den Opuſcoli ſcelti di Milano, 1783 im Auszuge in d. Gothaiſchen Magazin für d. Neuſte ꝛc. II B. 3 St. S. 89 u. f.) ganz ungegründet befunden worden. Die zuletzt angeführten Beobachtungen, wozu Spallanzani in einem Briefe an Bonnet (Memorie di matematica e fiſica della ſocietà italiana, To. II. p. 603 ſqq. deutſch in den leipziger Samml. zur Phyſik und Naturg. IV. B. 3 Stück, S. 338 u. f. und im gothaiſchen Magazin V B. 3 St. S. 41.) noch beträchtliche Zuſätze geliefert hat, ſind für die Naturgeſchichte des Zitterrochen ungemein wichtig.

Sie kommen im Ganzen genommen mit Walſh Bemerkungen überein, weichen aber doch in einigen Umſtänden ab. So konnte z. B. Spallanzani nicht finden, daß das Thier, wenn es die Erſchütterung geben will, allemal die Augen zudrücke, überhaupt ließ ſich an den Bewegungen des Körpers kein ſicheres allgemeines Merkmal des ausbrechenden Stoßes entdecken. Zween gleich große und gleich muntere Krampfrochen gaben unter gleichen Umſtänden die Schläge auf ganz verſchiedene Weiſe, ſo daß alles von der Willkühr des Thieres abzuhängen ſchien. Die wirkliche Berührung iſt unumgänglich nöthig; bleibt die Hand auch nur um die Dicke der Haut entfernt, ſo wird nichts empfunden. Oft iſt ſogar noch einiger Reiz oder Verwundung und Stechen der elektriſchen Organe erforderlich. Wenn man den Thieren dieſe Organe ausriß, ſo lebten ſie zwar fort, gaben aber keine Erſchütterung mehr,

sondern ließen beym Drucke der Hand nur eine schwache zitternde Bewegung fühlen. Eben dieses geschah auch, wenn nur die Hauptnerven des elektrischen Werkzeugs durchschnitten wurden. Das Thier giebt die Schläge sowohl im Wasser, als in der Luft; in der letztern sind sie sogar stärker, als in jenem. Licht oder Funken, Anziehen und Abstoßen, Mittheilung an isolirte Menschen oder an Ladungsflaschen, konnte Sp. nicht im mindesten bemerken. Von Magnetismus zeigte sich nicht das geringste, obgleich der Magnet, den er brauchte, 25 Pfund Eisen zog. Er bemerkt auch, daß es falsch sey, was **Linné** sagt, daß man die Stöße vermeiden könne, wenn man den Athem an sich halte, und daß die vermeinten Lungen, um deren willen der Ritter diese Fische zu den Amphibien gerechnet hat, eine bloße Einbildung sind.

Der Zitter-**Wels**, **Raasch** (Silurus electricus), der sich im Nil und einigen andern afrikanischen Strömen findet, ist schon von **Forskål**, wiewohl unvollkommen, deutlicher von **Brouſſonet** (Mém. de Paris, 1782, ingl. in *Rozier* Obſ. ſur la phyſique. Aout 1785.) beschrieben worden. **Cavallo** (Compleat treatiſe on electricity in der neusten Ausgabe des Originals To. II. p. 311.) hat diese Beschreibung ebenfalls mitgetheilt.

Endlich hat der englische Schifslieutenant **Paterſon** (Phil. Trans. Vol. LXXVI. P. II. num. 29.) auf seiner Reise nach Ostindien, da er sich bey der Insel St. Juan, einer von den Comorren zwischen der Küste von Zanguebar und der Insel Madagascar aufhielt, einen vierten elektrischen Fisch entdeckt. In einem vom Seewasser ausgehölten Felsen, wo die Wärme des Wassers zwischen 50 bis 60 fahrenheitische Grade war, fieng er zween derselben in einem Netz, und da er den einen angreifen wollte, bekam er einen so heftigen elektrischen Schlag, daß er ihn loslassen muste. Indessen brachte er doch beyde ans Land; da er aber ein paar tausend Schritte von dem Orte, wo er sie gefangen hatte, das Netz aufmachte, war der eine todt, und der andere äußerst schwach. Dieser Fisch war 7 Zoll lang und 2¼ Zoll breit; sein Kopf war sehr verlängert, und er schien

zum Geschlechte der Stachelbäuche (Tetrodon) zu gehören. Der Rücken war dunkelbraun, der Bauch meergrün, die Seiten gelb, die Floßen und der Schwanz grünlich, der Leib mit rothen, grünen und weissen Flecken überſäet, wovon die letztern sehr glänzend waren; er hatte weit ofne Augen mit einer rothen Iris, deren äußere Ränder gelb waren (ſ. Gothaiſches Magazin für das Neuſte ꝛc. IV B. 4 St. S. 48).

Allem Anſehen nach wird ſich die Zahl dieſer Thiere, welche elektriſche Wirkungen hervorbringen, in Zukunft noch weiter vermehren. Merkwürdig iſt inzwiſchen, wie Herr Hofrath Lichtenberg erinnert, daß ſie ſich bisher nur unter den Fiſchen gefunden haben, alſo gerade unter derjenigen Claſſe von Geſchöpfen, die in einem Fluido leben, das der Erweckung künſtlicher Elektricität unter allen am meiſten entgegen iſt.

D. Ingenhouß bemerkt, das Beyſpiel der elektriſchen Fiſche begünſtige den Gedanken, daß ſich vielleicht in allen Thieren ein elektriſches Vermögen, wovon die thieriſche Haushaltung zum Theil abhänge, befinden möge, deſſen Sitz, Werkzeug oder Behältniß man dereinſt noch entdecken werde. Er werde es, ſagt er, nicht unerwartet finden, wenn man darthun werde, daß die Wirkung unſers Gehirns Aehnlichkeit mit der Elektricität habe, daß dieſer uns noch ſo unbekannte Theil unſers Körpers eine Art von elektriſchem Behältniß oder elektriſcher Maſchine ſey, daß die Nerven Leiter dieſer Elektricität, und die Muſkeln Werkzeuge abgeben, wodurch ihre Einflüße Bewegungen hervorbringen. Einige Phyſiologen von Anſehen haben ſich auch nicht abgeneigt gezeigt, die elektriſche Materie unter die Triebfedern der thieriſchen Oekonomie aufzunehmen. Wenn man gleich dieſe Lehre noch auf keine unmittelbaren Beweiſe ſtützen kan, ſo könnten doch die Zergliederungen des Zitteraals und Zitterrochens einigen Schein der Wahrheit auf dieſelbe werfen. Dieſe Zergliederungen haben gelehrt, daß die elektriſchen Organe dieſer Thiere mit einer erſtaunlichen Menge Nerven verſehen ſind, daß ihre Erſchütterungen aufhören, wenn man dieſe Nerven zerſchnei-

Digitized by Google

bet u. ſ. w. Nun wiſſen wir aber auch aus andern Gründen, daß die Nerven unter allen Theilen des thieriſchen Körpers die beſten Leiter der Elektricität und für alle elektriſche Wirkungen am empfänglichſten ſind, welches ſich mit der erwähnten Hypotheſe ſehr wohl vereiniget.

Erxleben Anfangsgr. der Naturlehre, durch Lichtenberg. Fünfte Aufl. Göttingen, 1791. 8. §. 551.

Ebendeſſ. phyſikaliſche Bibliothek B. II. S. 186, III. S. 173, IV. S. 157.

Ingenhouß Vermiſchte Schriften durch Molitor. Wien, 1784. gr. 8. Erſter Band S. 29 u. f.

Magazin für das Neuſte aus der Phyſik u. Naturgeſchichte, an den angeführten Stellen.

Zittern, Zitterung, Tremor, *Frémiſſement*. Man hat dieſen Namen einer Bewegung beygelegt, welche in den kleinſten Theilchen der ſchallenden Körper ſtatt finden, und in ſehr ſchnellen und kurzen Vibrationen, oder einem geſchwinden Hin- und Hergehen derſelben durch kleine Räume, beſtehen ſoll. Es iſt bereits beym Worte **Schall** (Th. III. S. 801 u. f.) hievon gehandelt, und dabey den Verſuchen des Herrn D. Chladni zufolge geäuſſert worden, daß dieſes vermeinte Zittern oder Beben der kleinſten Theile zum Schalle nicht nothwendig und bey klingenden Körpern gar nicht vorhanden ſey, daß vielmehr gewiſſe Stellen ſolcher Körper ganz unbewegt bleiben, und um dieſe herum die übrigen Theile nicht zittern, ſondern ſo oſcilliren, daß ſie auf beyden Seiten der feſten Stellen allemal nach entgegengeſetzten Richtungen gehen, daher man den Klang nicht aus den Zitterungen der kleinſten, ſondern vielmehr aus Schwingungen größerer Theile zu erklären habe.

Herr Profeſſor Voigt (Magazin für das Neuſte a. d. Phyſik u. Naturg. VII B. 1ſtes Stück, S. 46 u. f.) giebt einen artigen Verſuch an, welcher allerdings ſoviel zeigt, daß der bekannte Harmonika-Ton, den man aus gläſernen Gefäßen durch Streichen des Randes erhält, nicht durch Schwingungen oder Hin- und Hergehen der ganzen Maſſe des Gefäßes, ſondern durch eine ſchwingende Bewegung gewiſſer Theile deſſelben entſtehe. Wenn man nemlich auf

Digitized by Google

dem Rande eines mit Wasser gefüllten Weinglases mit dem reinen nassen Finger herumfährt, so erscheint mit dem Momente, in welchem sich zuerst der feine schneidende Ton hören läst, auch die Oberfläche des Wassers ringsum vom Rande bis etwa zur Helfte nach dem Mittelpunkte, wie mit einem äusserst feinen Netze oder feinem Milchflohre bedeckt. Diese wellenförmige Bewegung erstreckt sich bis auf einige Tiefe unter der Wasserfläche, und ist am stärksten an der Stelle, über der sich jedesmal die streichende Fingerspitze befindet, und an der gerade gegenüber stehenden. Dieser Versuch, den schon Galilei erwähnt (s. Schall, Th. III. S. 803. 804.), zeigt deutlich, daß der gestrichne Glasring seine Gestalt verändert, indem seine beyden Helften Schwingungen um feste Punkte oder um Schwingungsknoten machen, deren Stelle von dem jedesmaligen Orte des streichenden Fingers abhängt. Die feinen sich durchkreuzenden Wasserwellen entstehen daher, weil die Stellen, wo das Wasser am stärksten gestoßen wird, und die Richtungen, nach welchen es gestoßen wird, sich durch Herumführung des Fingers alle Augenblicke ändern. Sie beweisen aber keinesweges, daß in Carre's, de la Hire's und Musschenbroeks Sinne alle einzelne kleinste Theile des Glases beben und sich an einander verschieben.

Zodiakallicht, s. Thierkreislicht.

Zodiakus, s. Thierkreis.

Zoll, s. Fuß.

Zonen, s. Erdstriche.

Zug, Ziehen, Ductus, Tractus, Tractio, *Traktion*. Wenn ein Körper durch zusammenhängende Verbindung mit einem andern so vereiniget ist, daß er sich nicht bewegen kan, ohne daß ihm der andere nachfolge, so sagt man, wenn die Bewegung wirklich erfolgt, oder wenigstens ein Streben nach derselben statt findet, jener Körper (oder die Kraft, die ihn zu bewegen strebt) ziehe diesen (ducere,

Digitized by Google

trahere corpus, *trainer*). So ziehen die Thiere Wagen oder Laſten, mit denen ſie durch feſt zuſammenhängende Seile, Stangen u. dgl. verbunden ſind, durch die Bewegung ihres Körpers fort. Dieſe Wirkung oder auch das Beſtreben nach derſelben heißt der **Zug**, und unterſcheidet ſich vom **Stoße** dadurch, daß bey dieſem ein bewegter Körper den andern durch unmittelbare Berührung vor ſich her aus der Stelle treibt, ſ. **Stoß der Körper**, beym Zuge aber der eine den andern durch den Zuſammenhang einer Verbindung, alſo mittelbar, nach ſich oder hinter ſich her bewegt.

Im übrigen findet beym Zuge eben ſowohl, als beym Stoße, **Mittheilung der Bewegung** ſtatt. Dieſe Mittheilung richtet ſich völlig nach eben den Geſetzen, welche für den Stoß unelaſtiſcher Maſſen gelten (ſ. oben S. 214 u. f.). Denn wenn zwo Maſſen M und m, die mit den Geſchwindigkeiten C und c nach einerley Richtung getrieben werden, durch eine Stange oder ein geſpanntes Seil ſo verbunden ſind, daß ſie während der Bewegung ihre Entfernung von einander nicht ändern können, und alſo eine gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit = x annehmen müſſen, ſo werden ſich die Größen ihrer Bewegungen MC und mc zu der Summe MC + mc verbinden, welcher die wirklich ſtatt findende Bewegung beyder Maſſen mit der gemeinſchaftlichen Geſchwindigkeit x, oder (M + m)x gleich ſeyn muß, weil kein Grund da iſt, warum von den Bewegungen MC und mc etwas verlohren gehen ſollte. Folglich iſt hier eben ſo, wie oben S. 216

$$x = \frac{MC + mc}{M + m}.$$

Wenn die nachfolgende oder gezogne Maſſe, welches m ſeyn mag, an ſich und ohne den Zug der andern ruhen würde, mithin c = o iſt, ſo hat man für dieſen Fall (der ſich als der gewöhnlichſte anſehen läßt)

$$x = \frac{MC}{M + m}.$$

Digitized by Google

Hat aber die nachfolgende Maſſe ſchon an ſich eine Bewegung nach eben der Richtung, wie die vorangehende, ſo muß, wenn ein Zug ſtatt finden ſoll, ihre Geſchwindigkeit wenigſtens um etwas geringer, als die der vorangehenden, oder $c < C$ ſeyn. Denn wären beyde Geſchwindigkeiten gleich, ſo würde jede Maſſe mit ihrer Geſchwindigkeit für ſich fortgehen, ohne auf die Bewegung der andern zu wirken: und wäre $c > C$, ſo würde das Seil zwiſchen beyden nicht geſpannt, ſondern bliebe ſchlaff, daß alſo kein Zug ſtatt fände; oder wäre die Verbindung durch eine unbiegſame Stange gemacht, ſo würde die geſchwindere nachfolgende Maſſe die andere vorangehende vor ſich her ſchieben, nicht von ihr gezogen werden.

Hat endlich die Maſſe m eine Bewegung nach der entgegengeſetzten Richtung, ſo muß, wenn ſie gezogen werden ſoll, $mc < MC$ ſeyn. Sind nemlich in dieſem Falle beyde Bewegungen gleich, ſo heben ſie ſich gerade auf, und es ruhen beyde Maſſen; iſt $mc > MC$, ſo erfolgt Bewegung nach der entgegengeſetzten Seite, und dies wird nun m die vorangehende Maſſe, welche die andere M nach ſich zieht.

Auch beym Zuge ſind, eben ſo wie beym Stoße, die Veränderungen, welche jeder Körper im Zuſtande des andern hervorbringt, entgegengeſetzt und gleich. Der ziehende ändert nicht blos den Zuſtand des gezognen, den er aus der Ruhe in Bewegung verſetzt; ſondern er ſelbſt verliert auch von der Bewegung, die er ſonſt gehabt hätte, gerade eben ſo viel, als er dem andern mittheilt. Dieſe ſehr natürliche Erſcheinung kan man zwar mit dem Namen der Gegenwirkung belegen, welche alsdann der Wirkung gleich und entgegengeſetzt iſt; man hat aber nicht nöthig, ſich dieſelbe als Wirkung einer beſondern im gezognen Körper liegenden Kraft vorzuſtellen, ſ. Gegenwirkung.

Wenn zwey ungleiche Gewichte M und m durch ein über eine Rolle gezogenes Seil oder Faden verbunden werden, ſo wird das größere M überwiegen und herabſinken, das kleinere m hingegen durch die Feſtigkeit des Fadens fortgezogen und erhoben werden. Beyde folgen hiebey den gewöhnlichen Geſetzen des Zugs. Vom Gewichte M wird durch das ent-

Digitized by Google

gegengesetzte m soviel aufgehoben, daß nur noch M — m übrig bleibt. Es ist nun soviel, als ob die Masse M nur von der bewegenden Kraft M — m getrieben würde, die Masse m aber gar nicht mehr schwer, sondern blos träg, wäre. Weil aber die Spannung und Festigkeit des Fadens macht, daß beyde Gewichte zugleich mit einerley Geschwindigkeit fortgehen müssen, so muß nun die bewegende Kraft M — m beyde Massen zugleich, oder M + m treiben. Daher ist die beschleunigende Kraft $= \frac{M-m}{M+m}$. Weil diese Kraft, eben so wie die Schwere, ununterbrochen oder als absolute Kraft wirkt, so werden beyde Gewichte mit gleichförmig beschleunigter Bewegung fallen und steigen; aber so, als ob sie nicht von der gewöhnlichen Schwere getrieben würden, sondern von einer geringern, die sich zur gewöhnlichen, wie $\frac{M-m}{M+m} : 1$ verhielte.

Eben dies findet man aus der allgemeinen Formel für den Zug auf folgende Art. Es heiße die Geschwindigkeit, welche die Schwere in einer gewissen Zeit erzeugt = g, so kan man annehmen, die Gewichte M und m, die den Faden nach entgegengesetzten Richtungen spannen, würden von Kräften getrieben, die ihnen die Geschwindigkeiten C = g; c = — g zu geben strebten. Diese Werthe statt C und c in die allgemeine Formel gesetzt, geben für die Geschwindigkeit, welche die Gewichte M und m in eben der Zeit wirklich erhalten, $x = \frac{Mg - mg}{M+m}$, welches sich zu g, wie $\frac{M-m}{M+m} : 1$ verhält.

Ex. Es wiege M 10 Pfund, m 1 Pfund, so ist die beschleunigende Kraft $\frac{10-1}{10+1} = \frac{9}{11}$ der Schwere, und der Raum, durch welchen in einer Secunde M fällt, m steigt, wird $\frac{9}{11} \cdot 15{,}625 = 12{,}784$ rheinl. Fuß. Bey wirklich angestelltem Versuche würde dieser Raum wegen der Friction et-

Digitized by Google

was kleiner ausfallen, auch ein ziemlicher Unterschied darum statt finden, weil das Gewicht des Fadens oder Seils mit in Betrachtung kömmt, wovon während der Bewegung der niedergehende Theil immer länger und schwerer, der aufsteigende hingegen von Zeit zu Zeit kürzer und leichter wird. Schober (Theorie der Ueberwucht, gegen zuverläßige Experimente gehalten. Leipzig, 1751. 8.) hat, um der zuletzt erwähnten Schwierigkeit auszuweichen, unter der obern Rolle noch eine zweyte von gleicher Größe befestiget, und den Faden, wie ein Seil ohne Ende, um beyde Rollen herumgeführt. Auf solche Art bleibt immer auf beyden Seiten der Rolle gleichviel vom Faden, den man also ganz wiegen und nun annehmen kan, die Helfte seines Gewichts wachse dem Gewichte M, die andere Hälfte dem m zu. Bey einem Versuche Schobers (§. 32.) wog die Schnur ohne Ende 8 Loth, auf einer Seite war 66 Loth, auf der andern 64 Loth Gewicht befestiget. Man nimmt an, das Reiben habe 1 Loth betragen, welches noch von der bewegenden Kraft M — m abzuziehen ist. Hieraus findet man die beschleunigende Kraft $= \frac{66-64-1}{66+64+8} = \frac{1}{138}$ der Schwere. Dem gemäß sollten die Gewichte in einer Secunde durch $\frac{15,625}{138}$ rheinl. Fuß gehen, und um 54 pariser Fuß (oder 55,89 rheinl.) zu durchlaufen, nach gehöriger Berechnung 22,2168 Secunden Zeit brauchen. Drey Versuche gaben Schobern für diese Zeit im hier erwähnten Beyspiele 23; 22; 22 Secunden.

Diese Gesetze gelten nicht für den Zug allein, sondern sie sind überhaupt allen Fällen gemein, in welchen sich Bewegungen bestimmten Massen mittheilen, welche sich alsdann zusammen mit einer gemeinschaftlichen Geschwindigkeit bewegen müssen. Wenn es z. B. in einem Körper Bestandtheile von negativer Schwere gäbe, und das Gewicht der positiv schweren Theile = M, die bewegende Kraft, mit welcher die negativ schweren aufwärts strebten, = m genannt würde, so würde das wirkliche Gewicht des ganzen Körpers

$= M - m$ seyn. Gesetzt nun, die negative Schwere treibe jeden Theil von m so stark aufwärts, als die positive jeden Theil von M niedertreibt (oder es sey die positive Schwere, als beschleunigende Kraft betrachtet, $=1$; die negative $= -1$), so werden auch die Massen beyder Sorten von Bestandtheilen durch M und m ausgedrückt werden, und beym freyen Falle eines solchen Körpers wird das Gewicht $M - m$ die Masse $M + m$ zu bewegen haben. So wird die beschleunigende Kraft, welche den Körper zum Fallen treibt (die gewöhnliche Schwere $= 1$ gesetzt), $= \frac{M-m}{M+m}$ werden, welches den Fallraum in einer Secunde $= \frac{M-m}{M+m} \cdot g$ giebt. Da nun $\frac{M-m}{M+m}$ offenbar kleiner, als 1 ist, so müste die Verbindung mit negativ schweren Theilen nothwendig die Beschleunigung des Falles, mithin auch die Geschwindigkeit des Pendels u. s. w. vermindern, eben so, wie an dem über eine feste Rolle gezognen Faden das leichtere Gewicht m ein weit langsameres Herabsinken das schwereren M veranlasset. Die Allgemeinheit dieses Gesetzes ist gegen Herrn Gren (welcher für die Verbindungen positiv und negativ schwerer Bestandtheile ein anderes Gesetz der Beschleunigung des Falles zu behaupten suchte) von den Herren Mayer und Hindenburg vortreflich dargethan worden, deren hieher gehörige Schriften man bey dem Worte **Verkalkung** (oben S. 462) angeführt findet.

Daß Erfahrungen mit Gewichten, die an Fäden über Rollen gezogen hängen, diese Gesetze bestätigen, zeigen nicht nur Schobers Versuche, sondern auch andere von Atwood (A course of lectures in experimental philosophy, wovon Greg. Fontana 1781 eine italiänische Uebersetzung herausgegeben hat), welche Herr Prof. Hindenburg anführt. Es beruht auch auf diesen Gesetzen alles, was die vornehmsten Mechaniker bisher von der Ueberwucht und dem wirklichen Gange bewegter Maschinen gelehrt haben.

Kästner Anfangsgr. der höhern Mechanik. Göttingen, 1766. 8. I. Abschn. §. 51. S. 34. III. Abschn. §. 74. S. 273 u. f.

Zurückprallung, ſ. Zurückwerfung.

Zurückſtoßen, Abſtoßen, Repulſion, Repulſio, *Repulſion.* Man bezeichnet mit dieſem Namen das Phänomen, da Körper oder Theile derſelben ſich von einander entfernen, oder wenn ſie aufgehalten werden, ſich zu entfernen ſtreben, und der Annäherung widerſtehen, ohne daß man eine äuſſere Urſache davon gewahr wird. Es iſt alſo das Zurückſtoßen das Entgegengeſezte des Anziehens, ſ. Attraction.

Das Abſtoßen läſt ſich keinesweges als ein allgemeines Phänomen der Körper anſehen. Vielmehr ſcheint gerade das Entgegengeſetzte deſſelben, nemlich die Anziehung aller Materie gemein zu ſeyn. Auch lehrt die Erfahrung, daß Repulſionen nur bey beſondern Stoffen, oder unter beſondern Umſtänden ſtatt finden, z. B. bey elaſtiſchen Flüßigkeiten, deren Theile ſich abzuſtoßen ſcheinen, bey gleichartigen Elektricitäten, gleichnamigen Magnetiſmen u. ſ. w. wo man offenbar ſieht, daß eine fernere Urſache dieſer Erſcheinungen vorhanden ſeyn müſſe, wofür man z. B. Wärmeſtof, elektriſche, magneriſche Materie u. dgl. annimmt, Stoffe, welche blos ihrer Feinheit halber nicht in die Sinne fallen.

Man muß daher die Bemühungen, ſolche Repulſionen aus weitern phyſiſchen Urſachen zu erklären, auf alle Weiſe billigen. Eine andere Frage aber iſt es, ob man bisher in dieſen Bemühungen glücklich geweſen ſey. Mir ſcheint es faſt, als ob dieſe Frage ſchlechterdings verneint werden müſte. Alles, was man zu Erklärung der Elaſticität flüßiger Materien, ingleichen der elektriſchen und magnetiſchen Repulſionen zu ſagen pflegt, und wovon man das vornehmſte bey den Worten **Elaſticität** (Th. I. S. 701 u. f.) **Elektricität** (Th. I. S. 755. 757. 759.) **Magnet** (Th. III. S. 119 u. f.) findet, iſt nur ſo lang erträglich, als man ſich darauf einſchränkt, es als bloße Erklärung aus gewiſſen Geſetzen, nicht aus den phyſiſchen Urſachen, zu betrachten. Nimmt man nemlich als ein Geſetz an, daß Verbindung mit mehrerem Wärmeſtof die Elaſticität vermehrt; daß im franklinischen Syſtem die Theile der elektriſchen

Digitized by Google

Materie sich unter einander abstoßen, von den Theilen der Körper aber angezogen werden; daß in der Hypothese von zwo elektrischen oder von zwo magnetischen Materien die Theile der gleichnamigen Materien sich abstoßen u. s. w., so lassen sich zwar daraus die Phänomene selbst ganz leicht und richtig herleiten. Aber was sind denn jene Voraussetzungen anders, als allgemeine Sätze, in die man blos eine Menge Erfahrungen zusammengefaßt hat, welche sich denn ganz natürlich wieder daraus müssen herleiten lassen?

Derjenige, der in diesen Erklärungen die letzten physischen Ursachen der Repulsionen zu finden vermeinte, würde sich doch wahrlich nur in einem Kreise herumdrehen. Wenn das Abstoßen der Lufttheile vom Wärmestoffe, die elektrische und magnetische Repulsion von gewissen feinen Materien u. s. w. bewirkt werden soll, so muß man doch annehmen, Wärmestof und diese Materien seyen selbst elastische Stoffe, deren Theile sich abstoßen. Und nun tritt augenblicklich die Frage ein, was für eine neue Ursache denn das Abstoßen dieser Theile bewirke. So ist ja die Repulsion durch nichts weiter, als durch eine neue Repulsion, erklärt, deren Grund wieder eben so dunkel ist, als es vorhin der Grund jener ersten war.

Noch weniger geht es an, das Zurückstoßen für die Wirkung einer in dem Körper wesentlich wohnenden Kraft oder Eigenschaft zu erklären. Eine solche Behauptung wäre nicht nur allen den Einwürfen ausgesetzt, mit welchen die Anziehung, als wesentliche Eigenschaft der Materie, bestritten werden kan, s. Gravitation (Th. II. S. 527.), sondern sie hätte auch noch das wider sich, daß man so einem und eben demselben Körper auf gut Glück bald Anziehung bald Abstoßung beylegen müste, je nachdem man entweder das eine oder das andere nöthig hätte. Zwar äussert Newton in einer Stelle seiner Optik, die man beym Worte Elasticität (Th. I. S. 704.) angeführt findet, den Gedanken, daß sich vielleicht die Anziehung eben so in zurückstoßende Kraft verwandeln könne, wie in der Algebra positive Größen durch Null in negative übergehen. Dies sieht ziemlich so aus, als nähme er in den Körpern wesentlich re-

Digitized by Google

pellirende Kräfte an. Allein man hat seine der Optik angehängten Fragen nicht schlechterdings für Behauptungen anzusehen; in den Principien (L. II. Prop. 23.), wo er die Theorie elastischer Flüßigkeiten abhandlet, erinnert er selbst, man habe die Vorstellung von repellirenden Kräften der Theile blos als mathematische Idee, nicht als Erklärung einer physischen Ursache anzusehen.

In der That muß man sich auch darauf einschränken, die Idee von Repulsion blos als eine bequeme Vorstellungs- oder Bezeichnungsart der Phänomene zu betrachten. Der Schein ist freylich so, als ob bisweilen Körper oder Theile der Körper sich wechselseitig abstießen, und diese Vorstellung reicht oftmals hin, eine Menge einzelner Erscheinungen und Wirkungen begreiflich zu machen, die gleichsam in ihr zusammengefaßt liegen; aber die wahre Ursache dieser Erscheinungen ist damit noch nicht erklärt. Eine allgemeine Ursache aller scheinbaren Repulsionen giebt es gewiß nicht: in vielen Fällen mag das, was Abstoßung scheint, vielmehr Folge einer Anziehung nach der entgegengesetzten Seite seyn, und manche Arten des Abstoßens haben offenbar verschiedene physische Ursachen, obgleich immer fast alles, was sich von diesen Ursachen sagen läst, blos hypothetisch bleibt.

Viele scheinbare Repulsionen lassen sich sehr füglich auf Anziehungen nach der entgegengesetzten Seite bringen, so daß man gar nicht nöthig hat, dabey zu einer zurückstoßenden Kraft seine Zuflucht zu nehmen. Ein Beyspiel hievon giebt der niedrigere Stand des Queckſilbers in Haarröhren, ſ. Haarröhren (Th. II. S. 547.). Wenn aber ein mit Fett oder Oel bestrichener Körper auf Wasser, oder Eisen auf Queckſilber, schwimmt, und dabey gleichsam eine Grube in die Oberfläche der flüßigen Materie drückt, so daß es scheint, als ob der feste Körper die Theile des flüßigen ringsum zurückstieße, so ist es nicht ganz so leicht, dieses Phänomen aus bloßen Anziehungen zu erklären. Inzwischen drückt doch die Redensart, daß die Theile des Wassers und Fettes, oder des Queckſilbers und Eisens, einander zurückstoßen, nichts weiter, als das

Digitized by Google

Phänomen selbst aus, dessen wahre Ursache und Mechanismus dabey unbekannt bleiben.

Zurückwerfung, Zurückprallung, Abprallung, Zurückspringen, Reflexion, Reflexio, *Reflexion*. So heißt überhaupt die Veränderung der Richtung, welche bewegte Körper vermöge der Elasticität leiden, wenn sie an Hindernisse stoßen, und dadurch abgehalten werden, ihre Bewegung in der vorigen Richtung fortzusetzen. Es ist eine nothwendige Bedingung bey der Reflexion, daß entweder der bewegte Körper selbst, oder das Hinderniß, an das er stößt, oder auch beyde zugleich, elastisch sind. Beym Stoße völlig unelastischer Massen kan kein Zurückspringen statt finden, und wenn alsdann das Hinderniß unbeweglich (d. i. mit der Erde selbst verbunden oder unendlich groß) ist, so verschwindet nach dem geraden Stoße die Geschwindigkeit völlig (s. Stoß oben S. 215.), und die Bewegung hört gänzlich auf. Weil aber fast alle bekannte Körper in einigem Grade Elasticität besitzen, so wird es in der Ausübung wenig Fälle geben, bey denen sich nicht, wenn ein bewegter Körper an einen andern unbewegten stößt, Wirkungen des Zurückspringens zeigen sollten.

Die Erfahrung lehrt, daß Körper, welche gegen unbewegliche Hindernisse senkrecht stoßen, von denselben wiederum senkrecht, und also nach der ihrer vorigen Bewegung gerade entgegengesetzten Richtung, zurückspringen, dahingegen beym schiefen Stoße das Abprallen unter eben dem Winkel erfolgt, unter welchem der Körper anstößt, so daß allezeit der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich ist.

Gesetzt, das Hinderniß sey vollkommen elastisch, und seine Vorderfläche werde von einer vollkommen harten Kugel senkrecht gestoßen. In diesem Falle wird die Kugel einen Eindruck in das Hinderniß machen, und die Gestalt desselben ein wenig ändern. Hiezu wird ein kleiner Zeitraum erfordert, während dessen die Geschwindigkeit des bewegten Körpers immer mehr vermindert wird, bis endlich seine Bewegung völlig aufhört, und die Veränderung der Ge-

Digitized by Google

ſtalt des Hinderniſſes den höchſten Grad erreicht hat. Alsdann wird daſſelbe wegen ſeiner vollkommenen Elaſticität die vorige Geſtalt wiederum annehmen, den beweglichen Körper nach der entgegengeſetzten Richtung zurücktreiben, und ihm in einem eben ſo langen kleinen Zeitraume ſtufenweiſe alle diejenigen Grade der Geſchwindigkeit, die er während des Stoßes verlohren hatte, in umgekehrter Ordnung wiedergeben, ſo daß in dem Augenblicke, in welchem das Hinderniß die anfängliche Geſtalt wieder erreicht, auch der Körper ſeine vorige Geſchwindigkeit, aber in einer gerade entgegengeſetzten Richtung, wieder erhalten haben wird.

Eben dieſes wird auch erfolgen, wenn das Hinderniß vollkommen hart, aber der bewegte Körper vollkommen elaſtiſch iſt. In dieſem Falle nemlich wird durch den Stoß die Geſtalt des Körpers ſelbſt ſo lange geändert, bis endlich ſeine ganze Bewegung aufgehoben iſt. Alsdann ſtellt ſich durch ſeine Elaſticität die vorige Geſtalt wiederum her, und da dieſes wegen des unbeweglichen Hinderniſſes nicht anders, als mit Fortſchiebung ſeiner Theile geſchehen kan, welche die hierdurch empfangene Bewegung vermöge der Trägheit behalten, ſo muß der Körper die ganze durch Stoß und Zuſammendrückung verlohrne Geſchwindigkeit rückwärts wieder bekommen.

Endlich geſchieht auch eben daſſelbe, wenn der Körper ſowohl, als das Hinderniß, beyde elaſtiſch ſind. Alsdann ändern beyde ihre Geſtalt ſo lange, bis die Bewegung aufhört; weil aber alsdann vermittelſt der Federkraft in jedem Körper die Veränderung wiederhergeſtellt wird, die er erlitten hat, ſo bekömmt auch hier der bewegte eben ſo viel, als er verlohren hatte, d. i. ſeine ganze vorige Geſchwindigkeit, rückwärts wieder.

Die Geſetze des Stoßes elaſtiſcher Körper führen auf eben dieſes Reſultat, wenn man in der oben (S. 220.) mitgetheilten Formel $V = 2x - C$. die eine Maſſe unbeweglich ſetzt. Es wird alsdann nach dem, was S. 216. vorgetragen iſt, $x = 0$, mithin $V = -C$, oder die Geſchwindigkeit

nach dem Stoße ist der vor demselben gleich und entgegengesetzt.

Trift der bewegte Körper, wie Taf. XXVII. Fig. 100, auf die ebne Fläche des unbeweglichen Hinderniſſes RS in der schiefen Richtung TM, welche mit jener Ebne den Winkel TMS macht, so wird er das Hinderniß zuerst im Punkte i berühren, und in dasselbe nach und nach den Eindruck ip machen, während dessen die Geschwindigkeit seines Fortgangs immer mehr vermindert wird. Weil hiebey, wenn man sich den Körper kugelförmig vorstellt, die vorangehende Helfte nicht in ihrer Mitte, sondern an der Seite bey i den ersten Widerstand leidet, dagegen auf der andern gegen p gekehrten Seite kein Widerstand statt findet, so werden Veränderung der Gestalt und Verminderung der Bewegung jetzt nicht nach der Richtung MT erfolgen, sie werden vielmehr nach der Richtung iI anfangen, und des Körpers wahre Bewegung so ändern, daß sein Schwerpunkt von I bis m, wo die Bewegung ganz aufhört, eine krumme Linie Im beschreibt. Von nun an aber stellt sich die Gestalt des elastischen Hinderniſſes wiederum her, und giebt in umgekehrter Ordnung den Theilen des Körpers die vorige Geschwindigkeit wieder. Die Folge hievon ist, daß der Schwerpunkt des Körpers von m bis P eine Curve beschreibt, die der Curve mI vollkommen gleich und ähnlich ist, daher der Körper in p das Hinderniß mit eben der Geschwindigkeit verläßt, mit welcher er in i dasselbe zuerst berührte, und der Zurückwerfungswinkel QMR dem Einfallswinkel TMS vollkommen gleich wird. Auf eben diese Art wird mit den nöthigen Abänderungen leicht begreiflich, daß eben dieses Gesetz statt findet, wenn das Hinderniß vollkommen hart, der Körper aber elastisch ist, oder wenn der Körper sowohl, als das Hinderniß, beyde elastisch sind.

Eben dieses läst sich dadurch erweisen, daß man die Bewegung des Körpers nach TM, in zween Theile zerlegt, deren einer auf die Ebne des Hinderniſſes senkrecht ist, der andere mit ihr parallel läuft. Diese Theile sind TS und SM. Der Theil TS oder LM, der die Ebne RS

senkrecht trift, wird von ihr nach dem vorhin erwiesenen Gesetze der Zurückwerfung beym senkrechten Stoße so reflectirt, daß nach dem Stoße eine eben so geschwinde Bewegung nach der entgegengesetzten Richtung ML erfolgt; der andere Theil SM wird gar nicht verändert, weil ihm die Ebne nicht im Wege ist; er dauret also nach dem Stoße unverändert nach der Richtung MR fort. So läst sich die ganze Bewegung nach dem Stoße, als zusammengesetzt ansehen aus ML = TS und MR = SM. Sie geschieht also in MQ der Diagonallinie des Rechtecks MRQL, welche wegen der Gleichheit der Dreyecke MQR und MTS der Linie TM gleich ist, mit der Ebne RS den Winkel QMR = TMS macht, und in der verlängerten Ebne TMS oder LMT liegt, so daß hieraus folgendes allgemeine Gesetz der Zurückwerfung (lex reflexionis) erhellet: **Der Weg des zurückprallenden Körpers liegt in einer Ebne, welche durch die Linie TM, nach der der Körper auffiel, auf die zurückwerfende Ebne RS senkrecht steht (s. Zurückwerfungsebne), und macht mit der letztern einen eben so großen Winkel, als den, unter welchem der Körper auffiel; auch wird der neue Weg MQ mit eben der Geschwindigkeit, wie der vorige TM, beschrieben.** Dieses Gesetz umfasset auch den Fall des senkrechten Stoßes, wo der Körper nach LM auffällt, und in eben der Linie gleich geschwind zurückgeht, wobey LMS und LMR beydes rechte Winkel werden.

Kürzer drückt man dieses so aus: **Der zurückprallende Körper bleibt in der Zurückwerfungsebne** durch TM und LM (das Einfallsloth), **behält seine vorige Geschwindigkeit, und es ist der Zurückwerfungswinkel** QMR **dem Einfallswinkel** TMS **gleich.** Hiebey wird unter dem Einfallswinkel derjenige verstanden, welchen der Weg des auffallenden Körpers mit der zurückwerfenden Fläche selbst macht. Will man darunter den Winkel LMT verstehen, den dieser Weg mit dem Einfallslothe LM macht, und welcher das Complement des vorigen ist (wie bey der Lehre vom Lichte zu geschehen pflegt,

Digitized by Google

ſ. Einfallswinkel), ſo muß man in dem Geſetze der Zurückwerfung auch ſtatt des Reflexionswinkels QMR, ſein Complement LMQ ſubſtituiren.

Dieſes Geſetz findet allerdings nur bey elaſtiſchen Materien ſtatt. In der Ausübung, wo die Körper ſelten eine vollkommne Elaſticität beſitzen, erlangt der zurückprallende nicht völlig ſeine vorige Geſchwindigkeit wieder, daher MQ etwas kleiner, als TM, wird. Weil MR hiebey unverändert bleibt, ſo wird der Zurückwerfungswinkel etwas kleiner, als der Einfallswinkel war. Auch tragen die gewöhnlichen Hinderniſſe der Bewegung, Reiben und Widerſtand der Luft, mit dazu bey, Abweichungen von der völligen Schärfe des Geſetzes zu veranlaſſen. Dem Geſetze gemäß ſollte eine elaſtiſche Kugel, die man auf einen feſten Boden fallen läſt, völlig eben ſo hoch zurückſpringen, als ſie herabfiel; von dieſer Höhe müſte ſie dann zum zweytenmale herabfallen, und wiederum ſo hoch zurückſpringen u. ſ. w.; ſo daß ihr abwechſelndes Fallen und Aufſpringen der Regel nach unvermindert ins Unendliche fortdauern ſollte. Nur die Unvollkommenheit ihrer Elaſticität und die Hinderniſſe der Bewegung machen, daß die Höhen, auf welche ſie ſpringt, immer kleiner werden, und daß ſie zuletzt ganz auf dem Boden ruhend bleibt. Eben dieſes zeigt ſich auch beym ſchiefen Abprallen. Ein flacher Stein, den man mit großer Geſchwindigkeit und unter einem kleinen Winkel gegen die Oberfläche des Waſſers wirft, prallt von derſelben ab, beſchreibt nach den Geſetzen der Wurfbewegung einen paraboliſchen Bogen, der ihn zum zweytenmale unter eben dem Winkel an die Waſſerfläche bringt, ein zweytes Abprallen veranlaßt u. ſ. w., ſo daß der Stein unaufhörlich gleich große Bogen beſchreiben, und über die ganze Waſſerfläche, ſo groß ſie immer ſeyn möchte, fortgehen ſollte. Aber wegen der vorerwähnten Hinderniſſe werden die Reflexionswinkel immer kleiner, und die Bogen immer kürzer, bis endlich der Stein gar nicht mehr zurückgeworfen wird und unterſinkt.

Inzwiſchen wird man in Fällen, wo ſowohl der bewegte Körper, als das Hinderniß, beyde ſehr elaſtiſch ſind,

Digitized by Google

wie z. B. bey der Reflexion elfenbeinerner Kugeln an den Banden des Billards, wenigstens beym ersten Abprallen, keine merklichen Abweichungen von der Regel finden. Hier sind Einfalls- und Zurückwerfungswinkel genau gleich, besonders wenn die Geschwindigkeit noch stark ist, und durch Reiben und Umdrehung um die Axe u. s. w. im Zeitpunkte der Reflexion nicht sehr geändert wird. Man pflegt sich in der Experimentalphysik, um das Gesetz der Reflexion zu bestätigen, eines kleinen Billards zu bedienen, auf welchem man der abprallenden Kugel den Weg, den sie nehmen muß, vorzeichnet, indem man den Zurückwerfungswinkel eben so groß, als den Einfallswinkel, macht.

Das Gesetz des Abprallens unter gleichem Winkel fällt überhaupt bey unzählbaren Veranlassungen so deutlich in die Augen, daß es keinem aufmerksamen Beobachter der Natur entgehen kan. Es muste daher sehr frühzeitig entdekt werden, und war den Alten längst bekannt, wiewohl man darinn irrte, daß man es nicht auf elastische Körper allein einschränkte, sondern als ein allgemeines für alle Arten der Körper geltendes Bewegungsgesetz annahm.

Durch diesen Irrthum ward Descartes verführt, alles Zurückspringen überhaupt als unmittelbare und nothwendige Folge der gehinderten vorigen Bewegung zu betrachten, und auf Elasticität, von der er ohnehin keinen deutlichen Begrif hatte, hiebey gar nicht zu sehen. Er betrachtete nemlich die Bewegung durch ML, Taf. XXVII. Fig. 100. nicht als das Entgegengesetzte der vorigen Bewegung durch LM; er sahe vielmehr beyde Bewegungen als gleichartig und die Ruhe als das Entgegengesetzte von beyden an, und legte dem Körper die Bewegung als etwas ganz Wesentliches bey, das ihn hindere in Ruhe zu kommen, und ihn nöthige rückwärts zu gehen, wenn er weiter vorwärts zu kommen gehindert werde. Beym schiefen Stoße, glaubte er, werde derjenige Theil der Bewegung, der auf die Ebne des Hindernisses senkrecht treffe, zurückgewendet, und combinire sich nachher mit dem andern unveränderten Theile so, daß daraus das Abprallen unter gleichem Winkel erfolge. Er macht hiebey gar keinen Un-

terſchied zwiſchen elaſtiſchen und unelaſtiſchen Körpern, und leitete alles aus der fortdaurenden Kraft, ſich zu bewegen, her, die den Körper nicht ruhen laſſe, ſondern rückwärts treibe, wenn er vorwärts durch ein Hinderniß gehemmt würde. Er nahm alſo auch keinen Zeitraum an, durch den die Reflexion daure, ſondern ließ ſie in dem einzigen Augenblicke der Berührung geſchehen, und den Körper ſeine Geſchwindigkeit ohne alle Veränderung behalten.

Erſt die Erfinder der wahren Geſetze des Stoßes, ſ. Stoß (oben S. 232. u. f.) unterſchieden richtig zwiſchen harten und elaſtiſchen Körpern, und ſahen alle Zurückwerfung mit Recht als bloße Folge der Elaſticität an. Bey Wrenn's und Huygens Darſtellung der Geſetze des Stoßes liegen ſchon die richtigern Begriffe zum Grunde, welche Newton nachher durch ſeine Beſtimmung der Idee von Trägheit feſtgeſetzt hat, und nach welchen eine Bewegung an ſich allein nur nach ebenderſelben Richtung (in directum) fortdauert, in die nach der entgegengeſetzten Richtung aber nicht anders, als durch Ruhe übergehen kan, ſo daß ſich die Bewegungen durch LM und ML wie entgegengeſetzte Größen verhalten, deren eine ſich in die andere nicht anders, als vermittelſt eines Uebergangs durch Null, verwandlet. Dieſen Begriffen gemäß wird die vorige Bewegung des anſtoßenden Körpers durch das Hinderniß mit Veränderung der Geſtalt nach und nach aufgehoben, bis endlich ein Augenblick der Ruhe erfolgt, und von dieſem Augenblicke an wird eben ſo allmählich durch Wiederherſtellung der Geſtalt die entgegengeſetzte Bewegung erzeugt, und das Zurückſpringen veranlaſſet. Hier dauert die Reflexion durch einen kleinen Zeitraum, in deſſen erſter Helfte die Geſchwindigkeit des Körpers bis auf Null abnimmt, in der zweyten aber ſtufenweiſe eine gleiche Geſchwindigkeit nach entgegengeſetzter Richtung erzeugt wird. Auch wird nun das Zurückſpringen lediglich eine Folge der Elaſticität, und findet nur in dem Grade ſtatt, in welchem die Körper elaſtiſch ſind.

Es läſt ſich erweiſen, daß unter allen Wegen, welche den Körper Taf. XXVII. Fig. 101. von irgend einem

Punkte D zu einem andern F so führen, daß er vorher die Ebne GE trift, und dann erst nach F geht, derjenige Weg der kürzeste mögliche sey, welcher durch zwo gerade Linien DH und HF bezeichnet wird, die mit den beyden aus D und F auf GE gefällten Lothen DE und FG in einerley Ebne liegen, und sich gegen die Ebne GE unter gleichen Winkeln x und y neigen. Denn erstens müssen die Linien, welche auf solche Art von D nach H, und von H nach F führen, gerade Linien seyn, wenn der Weg DH + HF der kürzeste mögliche werden soll. Wäre nemlich eine davon, z. B. DH, eine krumme Linie, so führte die gerade Linie zwischen D und H ebendahin durch einen kürzern Weg. Zweytens muß der Punkt H, durch den der kürzeste Weg führt, in der Linie GE liegen, welche die Endpunkte der beyden Lothe DE und FG verbindet. Denn läge er ausser dieser Linie, wie etwa in I, über oder unter der Fläche des Papieres, so könnte man von I auf GE das Perpendikel IL fällen, und weil alsdann in den rechtwinklichten Dreyecken DLI, FLI die Seiten DL und FL kürzer, als die Hypothenusen DI und FI, seyn würden, so wäre der Weg durch DLF kürzer, als der durch DIF, mithin der supponirte durch den Punkt I führende nicht der kürzeste.

Es ist also noch die Frage, wo H auf der Linie GE anzunehmen sey, damit der Weg DH + HF ein Minimum werde. Nun nenne man das Loth DE = b, das Loth FG = c, den Abstand GE = e, und setze des Punkts H Entfernung von E oder EH = z, so wird HG = e − z. Man hat alsdann in den rechtwinklichten Dreyecken DEH und FGH

$$DH^2 = DE^2 + EH^2 = b^2 + z^2$$
$$HF^2 = FG^2 + HG^2 = c^2 + (e-z)^2$$

woraus die Differentiale von DH und HF

$$dDH = \frac{z\,dz}{DH} \text{ und } dHF = -\frac{(e-z)\,dz}{HF}$$

gefunden werden. Soll nun DH + HF ein Kleinstes werden, so muß die Summe dieser Differentiale = o, mithin

$$\frac{z}{DH} = \frac{e-z}{HF}$$

Digitized by Google

seyn. Es lehrt aber die Betrachtung der Figur, daß von diesen beyden Ausdrücken der erste der Cosinus des Winkels x, der letzte der Cosinus des Winkels y sey. Hieraus ergiebt sich, daß der Weg DH + HF der kürzeste mögliche ist, wenn der Punkt H so genommen wird, daß die Cosinus der Winkel x und y, oder was eben so viel ist, diese Winkel selbst, einander gleich werden.

Der zurückprallende Körper aber nimmt dem Gesetze der Reflexion gemäß einen geradlinigten Weg, der in der Ebne bleibt, in welcher die aus seiner Bahn auf die Ebne des Hindernisses gefällten Lothe liegen, und in welchem die vorgenannten Winkel x und y gleich sind. Er wird also den vorhergehenden Betrachtungen zufolge von jedem Punkte seiner ganzen Bahn zum andern auf dem kürzesten Wege unter allen möglichen geführt. Wenn man mit Herrn von Maupertuis unter Größe der Wirkung das Product aus Masse, Raum und Geschwindigkeit versteht, so folgt, daß hier, wo Masse und Geschwindigkeit ungeändert bleiben, mithin die Größe der Wirkung allein vom Raume oder von der Länge des zurückgelegten Weges abhängt, auch die Wirkung ein Kleinstes sey, daß also die Natur bey der Zurückwerfung das Gesetz der Sparsamkeit befolge, s. Wirkung. Dieser Satz bleibt immer merkwürdig, ob man sich gleich enthalten muß, nach dem Beyspiele des Herrn von Maupertuis die Ordnung der Schlüße umzukehren, und das Gesetz der Reflexion aus dem voraus angenommenen Satze der kleinsten Wirkung zu folgern oder zu demonstriren.

Kästner Anfangsgr. d. höhern Mechanik. Göttingen, 1766. 8. III. Absch. §. 173 u. f. S. 339. u. f.

Zurückwerfung der Lichtstralen, Reflexion des Lichts, Zurückstralung, Reflexio radiorum lucis, *Reflexion de la lumiere.* Das Abprallen oder Zurückgehen der Lichtstralen, wenn sie auf Oberflächen solcher Körper fallen, welche entweder ganz, oder doch in einigem Grade, undurchsichtig sind. So sendet die undurchsichtige Fläche DE (Taf. XXVII. Fig. 102.) den Lichtstral AB nach der Rich-

tung BC zurück. Iſt die Fläche DE zugleich glatt, ſo werden die Stralen in eben der Ordnung zurückgeworfen, in welcher ſie einfielen, und zeigen dem Auge Bilder der Gegenſtände, von denen ſie herkommen; da hingegen eine rauhe Fläche das Licht ſo unordentlich und nach ſo mancherley verſchiedenen Richtungen zurückwirft, daß das Auge auf ihr keine Bilder der Gegenſtände ſieht, ſondern nur Erleuchtung bemerkt, wodurch die Fläche ſelbſt ſichtbar wird, ſ. Spiegel, Bild. Hierauf beruhen die Phänomene des Sehens vermittelſt der Spiegel, und die Wiſſenſchaft, in welcher dieſe Erſcheinungen aus dem Geſetze der Zurückſtralung hergeleitet werden, heißt die Spiegelkunſt oder Katoptrik.

Um das Geſetz, nach welchem ſich die Zurückſtralung richtet, genau beſtimmen zu können, ſtellt man ſich Taf. XXVII. Fig. 102. an dem Einfallspunkte B, wo der einfallende Stral (radius incidens) AB die zurückwerfende Fläche DBE trift, eine auf dieſer Fläche lothrecht ſtehende Linie FB vor. Dieſe Linie heißt das Einfallsloth oder Neigungsloth (cathetus incidentiae), der Winkel, den der einfallende Stral mit ihr macht, ABF oder u, der Einfallswinkel (angulus incidentiae), der Winkel, den der zurückgeworfene Stral BC mit ihr macht, FBC oder y, der Zurückwerfungs- oder Reflexionswinkel (angulus reflexionis). Sehr oft werden aber auch diejenigen Winkel, welche der einfallende und zurückgeworfene Stral mit der Ebne DE ſelbſt machen, (nemlich ABD und CBE, oder o und x, welche die Complemente von u und y ſind) mit den Namen des Einfalls- oder Neigungs- und Reflexionswinkel belegt, ſ. Zurückwerfungswinkel. Die Ebne durch das Einfallsloth und den einfallenden Stral, oder die verlängerte Ebne des Einfallswinkels ABF (und ABD) heißt die Zurückwerfungsebne (planum reflexionis).

Dies vorausgeſetzt, iſt nun das Geſetz der Zurückſtralung folgendes:

1. Wenn ein Lichtſtral von einer undurchſichtigen Fläche zurückgeworfen wird, ſo machen der

einfallende und der zurückgeworfene Stral mit der Fläche selbst (mithin auch mit dem Einfallslothe) gleiche Winkel, oder: Der Reflexionswinkel ist dem Einfallswinkel gleich. Dieser Satz gilt, in welchem Sinne man auch die Benennungen des Einfalls- und Reflexionswinkels nehmen mag (es ist nemlich o = x, und u = y).

2. Der zurückgeworfene Stral bleibt in der Zurückwerfungsebne, welches in der Figur die Fläche des Papieres ist. Daher darf man sich bey allen katoptrischen Zeichnungen verstatten, die zurückgeworfenen Stralen in der Ebne des Papiers fortgehen zu lassen, wofern nur die einfallenden Stralen und die Einfallslothe ebenfalls in dieser Ebne liegen.

Die Erfahrung bestätiget dieses Gesetz auf sehr mannigfaltige Art. So oft wir eine Sache im Planspiegel sehen, so oft lassen sich auch aus ihr und aus unserm Auge gerade Linien nach dem Punkte des Spiegels, hinter dem sie erscheint, ziehen, welche mit der Ebne des Spiegels gleiche Winkel machen. Diese Linien aber sind die Wege des einfallenden und des zurückgeworfenen Lichts. Setzt man eine ebne Fläche, wie ADEC, auf einen Spiegel senkrecht, nimmt auf ihrem Durchschnitte mit selbigem BD = BE, und errichtet aus D und E gleiche Perpendikel DA und EC, so daß die Winkel o und x gleich werden, so wird ein glänzender Gegenstand, z. B. eine Stecknadel, in einen Punkt der Linie AB gesteckt, einem Auge, das sich in der Linie BC befindet, im Spiegel in der verlängerten CB erscheinen, und nicht mehr gesehen werden, wenn man den Punkt B bedeckt, oder eine zweyte Nadel in die Linie BC steckt, vor welcher das Auge den Punkt C nicht sehen kan. Im verfinsterten Zimmer, wo man den Weg des durch eine enge Oefnung einfallenden Lichtstrales sehen, ihm einen Spiegel vorhalten und die Einfalls- und Reflexionswinkel messen kan, zeigt sich die Richtigkeit dieses Gesetzes noch deutlicher. Auch stimmen alle auf dasselbe gebaute Theorien und Erklärungen mit der Erfahrung vollkommen überein, s. die Worte **Spiegel**, **Hohlspiegel**, **Brennspiegel**, **Regenbogen**.

Digitized by Google

Das Geſetz der Gleichheit des Einfalls- und Zurückſtralungswinkels iſt ſehr frühzeitig entdeckt, und ſchon von den Weltweiſen der platoniſchen Schule überall erwähnt worden, wo ſie vom Wege des Lichts und vom Bilde im Spiegel reden. Wer es zuerſt bemerkt habe, iſt nicht bekannt. Prieſtley glaubt, die Beobachtung der Sonnenſtralen, wie ſie von der Oberfläche des Waſſers oder eines andern glatten Körpers zurückgeworfen werden, oder die Lage der Bilder, welche dergleichen Oberflächen dem Auge darſtellen, habe zu dieſer Entdeckung Anlaß gegeben. Denn ſobald man hierauf Achtung gab, muſte man bemerken, daß wenn der Stral faſt ſenkrecht auffiel, er auch eben ſo wiederum zurückprallte; daß er aber ſchief zurückgieng, wenn er ſchief aufgefallen war. Machte man einige noch ſo rohe und unvollkommene Verſuche, dieſe Winkel zu meſſen, ſo muſte man ihre Gleichheit finden und für erwieſen annehmen, auch bemerken, daß der einfallende und zurückgehende Stral beyde in ebenderſelben auf die zurückwerfende Fläche ſenkrechten Ebne ſind.

Das Geſetz der Zurückſtralung kömmt ganz überein mit dem allgemeinen Geſetze, nach welchem Körper von unbeweglichen Hinderniſſen vermittelſt der Elaſticität reflectirt werden, ſ. den vorhergehenden Artikel **Zurückwerfung**. Es war daher ſehr natürlich, die Zurückſtralung als eine Wirkung des Stoßes anzuſehen, welchen das auf undurchdringliche Hinderniſſe treffende Licht erleidet. **Descartes**, der die Reflexion überhaupt als weſentliche Folge der Bewegungskraft anſahe, erklärte aus dieſem Grunde die Zurückſtralung eben ſo, wie jede Zurückwerfung feſter Körper, ohne auf Elaſticität Rückſicht zu nehmen. Ein ſenkrecht anſtoßender Lichtſtral geht nach ſeiner Meinung in ſich ſelbſt zurück, weil ſich das ſtoßende Lichttheilchen gerade rückwärts bewegen muß, da es vorwärts weiter zu gehen gehemmt wird, und doch vermöge ſeiner Bewegungskraft nicht ruhen kan; des ſchief anſtoßenden Bewegung läſt ſich nach zwo Richtungen zerlegen, ſo daß ein Theil auf die zurückwerfende Fläche ſenkrecht, der andere mit ihr parallel iſt; nach jener Richtung wird der Lichttheil ſenkrecht reflectirt, nach

Digitized by Google

dieſer behält er die vorige Bewegung ungeändert bey; aus beyden entſteht eine neue zuſammengeſetzte Bewegung nach einer Diagonale, welche mit der reflectirenden Fläche ſelbſt auf der entgegengeſetzten Seite einen eben ſo großen Winkel macht, als der Weg des einfallenden Strales mit ebenderſelben Fläche auf jener Seite bildete.

Huygens kannte zwar die Geſetze des Stoßes richtiger, als Descartes, und ſuchte die Urſache der Reflexion mit Recht in der Elaſticität der Körper, allein er fand auch hiebey kein Bedenken, die Zurückſtralung als eine Wirkung des Stoßes anzuſehen. Das Licht beſteht nach ihm aus wellenförmig fortgepflanzten Schwingungen eines elaſtiſchen Mittels, und geht nach Linien fort, auf welchen die nebeneinanderliegenden Reihen der einzelnen Schwingungen oder ihrer Mittelpunte ſenkrecht ſtehen, ſ. Brechung der Lichtſtralen (Th. I. S. 423 u. f.). Da nun jedes elaſtiſche Theilchen, wenn es an eine Fläche ſtößt, unter gleichem Winkel reflectirt wird, ſo werden auch ganze Reihen ſolcher Theilchen nach eben dem Geſetze zurückgeworfen, und der Fortgang des Lichts ſelbſt nimmt einen Weg, der ſich nach eben dieſer Regel richtet. Dieſe Erklärung der Reflexion hat auch Euler (Nova theor. lucis et colorum in Opuſc. varii argum. Berol. 1746. 4. Cap. IV. §. 71. 72.) in ſein Syſtem aufgenommen; und da durch dieſes Abprallen blos die Richtung, nicht aber die Geſchwindigkeit, geändert wird, ſo erklärt er daraus ſehr natürlich, warum bey der Zurückſtralung keine Farbenzerſtreuung entſtehe, weil nemlich die Pulſus blos ihre Richtung ändern, ohne in ihren Abſtänden von einander und in ihrer ſchnellern oder langſamern Succeſſion, wovon die Farben abhängen, die mindeſte Veränderung zu leiden. Uebrigens unterſcheidet Euler noch ſpiegelnde und blos erleuchtete Flächen ſo von einander, daß jene die anſtoßenden Pulſus ſelbſt reflectiren, wodurch im Auge die Erſcheinung des Bildes entſteht, dieſe hingegen durch den anſtoßenden Aether ſelbſt in neue Schwingungen gerathen und ſelbige bis zum Auge fortpflanzen, wodurch ſie ſelbſt als erleuchtete Flächen mit ihrer eigen-

Digitized by Google

thümlichen Farbe ſichtbar werden, ſ. Licht (Th. II. S. 899), Spiegel (oben S. 122).

So leicht und einfach aber auch dieſe mechaniſche Erklärung der Zurückſtralung aus den allgemeinen Geſetzen des Stoßes elaſtiſcher Körper ausfällt, ſo zeigen ſich doch bey genauerer Betrachtung unüberwindliche Schwierigkeiten gegen dieſelbe. Wenn man alle Umſtände der Erſcheinungen unterſucht, ſo findet man es mit Newton (Optices L. II. P. 3. Prop. 8. p. 224.) gar nicht mehr wahrſcheinlich, daß die Zurückſtralung eine Wirkung des Stoßes der Lichtſtralen an undurchſichtige Flächen ſey. Vielmehr kommen bey der Reflexion Umſtände vor, welche ſich aus dem Anſtoßen des Lichts ſchlechterdings nicht mehr erklären laſſen.

Das Licht wird nicht allein reflectirt, wenn es aus der Luft an eine Glas- oder Metallfläche trift, wo ihm mehr undurchdringliche Theile, als auf ſeinem vorigen Wege in der Luft, entgegenſtehen; ſondern es leidet auch Zurückwerfung, wenn es aus Glas in Luft übergehen ſollte, wofern nur alsdann an der letzten Glasfläche ſein Einfallswinkel ſo groß iſt, daß dem Brechungsverhältniſſe gemäß der Sinus des Brechungswinkels größer, als 1, ſeyn müſte, ſ. Brechung der Lichtſtralen (Th. I. S. 414. 415). Dies geſchieht, wenn man das Brechungsverhältniß = m : n ſetzt, ſo oft der Sinus des Einfallswinkels größer, als $\frac{n}{m}$ wird. Alſo für die blauen Farbenſtralen (wo m : n = 78 : 50), wenn dieſer Sinus über $\frac{5}{8}$, oder der Einfallswinkel ſelbſt über 39° 52′ beträgt, für die rothen (wo m : n = 77 : 50), wenn der Sinus über $\frac{5}{7}$, oder der Winkel über 40° 29′ iſt; mithin beym blauen Lichte ſchon bey einem geringern Einfallswinkel, als beym rothen. Wenn man alſo einen Lichtſtral durch ein gläſernes Prisma ſo gehen läſt, daß der Einfallswinkel deſſelben auf der hintern Glasfläche nahe an 40° ausmacht, ſo wird man das rothe und gelbe Licht noch durch die Glasfläche gehen und in die Luft ausfahren ſehen, indeß das blaue und violette Licht nicht mehr ausgeht, ſon-

Digitized by Google

dern völlig nach dem Geſetze der Zurückſtralung reflectirt wird.

Kan man wohl in dieſem Falle die Reflexion aus dem Stoße der Lichttheile gegen die angrenzende Luftfläche herleiten? Alle Theile des Lichts, blaue wie rothe, treffen ja dieſe Fläche unter einerley Winkel, und finden an ihr gewiß nicht mehr, ſondern eher weit weniger feſte undurchdringliche Theile, als ſie auf ihrem vorigen Wege im Glaſe antrafen. Warum ſtoßen ſich denn nur die blauen ſo ſtark, daß ſie zurückprallen, und warum denn die rothen gar nicht? Noch mehr, wenn man den Verſuch im luftleeren Raume anſtellt, wo an der hintern Glasfläche gar nichts vorhanden iſt, woran ſich das Licht ſtoßen könnte, ſo findet man dennoch die Reflexion nicht etwa geſchwacht, ſondern im Gegentheile befördert; die Stralen werden ſchon bey geringern Einfallswinkeln zurückgeworfen, und diejenigen, welche vorher noch unter einer Schiefe von 40° in die Luft ausgiengen, gehen jetzt ſchon unter geringerer Schiefe in den luftleeren Raum nicht mehr aus. Kurz, es gewinnt völlig das Anſehen, als ob dieſe Reflexion nicht vom Stoße gegen Luft oder Vacuum, ſondern vielmehr von dem, was dem Stoße und Widerſtande gerade entgegengeſetzt iſt, nemlich von der Anziehung des Glaſes abhienge, welche auf blaues Licht ſtärker, als auf rothes, wirkt, und mehr vermag, wenn ſie blos leeren Raum wider ſich hat, als wenn ihr die Anziehung der Luft entgegenwirkt.

Man wird in dieſen Gedanken noch mehr beſtärkt, wenn man an die Hinterfläche des Prisma Waſſer, oder eine dicht anpaſſende Glasſcheibe bringt. Denn nunmehr wird das Licht, das vorher zurückprallte, nicht mehr reflectirt, ſondern geht durch und dringt in das Waſſer, oder in die Glasſcheibe ein. Sollte ſich denn nun das Licht am leeren Raume ſtärker ſtoßen, als am Waſſer, oder an der angelegten Glasſcheibe? Dieſer letzte Verſuch zeigt überdieſes, daß es ſich auch nicht an der Hinterfläche des Prisma ſelbſt ſtoßen kan. Denn geſchähe dies einmal, warum ſollte es nicht immer noch geſchehen, wenn dieſe Fläche von auſſen an Waſſer oder anderes Glas grenzt, da das Licht

Digitized by Google

von innen kömmt, und die äußere Berührung mit Waſſer oder Glas an den Eigenſchaften der Fläche nichts ändern kan?

Wenn man in einem verfinſterten Zimmer die Farben, welche durch ein Prisma von einander geſondert ſind, eine nach der andern auf ein zweytes Prisma in ziemlicher Entfernung vom erſten, und alle unter demſelben Neigungswinkel, fallen läſt, ſo kan man dieſes zweyte Prisma gegen die einfallenden Stralen ſo ſtellen, daß die blauen alle zurückprallen, und die rothen meiſtens durchgehen. Würde nun die Reflexion vom Stoße an die Theile des Glaſes oder der Luft verurſachet, ſo fragt Newton, warum bey einerley Neigung die blauen Stralen alle gerade auf Theilchen treffen, die ſie ſtoßen und zurückſenden, da hingegen die rothen genug ofne Durchgänge finden?

Wenn die Stralen durch ihren Stoß an die Theile der Körper zurückgetrieben würden, ſo könnten dünne Scheiben oder Blaſen nicht an einer und eben derſelben Stelle Stralen von der einen Farbe zurückwerfen, und die von einer andern durchlaſſen, wie ſie doch thun. Denn es wäre ein unbegreiflicher Zufall, daß an einer Stelle die blauen Stralen gerade auf die ſoliden Theilchen des Körpers ſtießen, die rothen aber Durchgänge fänden; da hingegen an einer andern Stelle, wo der Körper etwas dicker oder dünner wäre, die blauen Stralen gerade auf die Zwiſchenräumchen, und die rothen auf die feſten Theile träfen.

Endlich ſetzt Newton hinzu, wären ſelbſt die politeſten Spiegelflächen nicht glatt und gleichförmig genug, um das Licht vermittelſt des Stoßes ihrer Theile ſo regelmäßig und ſo lebhaft zu reflectiren, als ſie wirklich thun. Schon das Mikroſkop zeigt an den glänzendſten Spiegelflächen eine merkliche Rauhigkeit, und ein wenig Ueberlegung lehrt auch, daß Sand, Schmergel, Tripel und Zinnaſche nichts weiter thun können, als die gröbſten Ungleichheiten wegnehmen. Hätten wir ſo feine und ſcharfe Augen, wie die kleinen mikroſkopiſchen Thierchen, ſo würde uns die politeſte Spiegelfläche noch immer wie eine rauhe von Furchen durchſchnittene und mit Klippen aller Art und Geſtalt be-

Digitized by Google

ſetzte Pläne vorkommen. Wie kan man nun glauben, daß eine ſolche Fläche, verglichen mit der äußerſt großen Feinheit der Lichttheilchen, im Stande ſeyn würde, dieſe letztern ſo regelmäßig zu reflectiren?

Ueberdies müſten noch alle Lufttheilchen vollkommne Kugeln, und elaſtiſch ſeyn. Nur von einer elaſtiſchen Kugel läſt ſich das Geſetz der Zurückwerfung unter gleichem Winkel durch den Stoß demonſtriren. Iſt hingegen der Körper von unregelmäßiger Geſtalt, elliptiſch, cylindriſch u. dgl., oder ſteht die Linie aus dem Mittelpunkte des Stoßes in den Berührungspunkt nicht lothrecht auf der reflectirenden Fläche, ſo ſind Einfalls- und Reflexionswinkel nicht mehr gleich. Wer kan aber behaupten, daß alle Lichttheilchen vollkommen ſphäriſch und elaſtiſch ſind? Die ſphäriſchen Wirbel des P. Malebranche oder Huygens und Eulers Pulſus heben zwar dieſe Schwierigkeit; allein was ſind ſie weiter als willkührlich angenommene Vorausſetzungen, die ſich durch keine Erfahrung erweiſen laſſen, und überdies eben ſo wenig begreiflich machen, warum oft bey gleichem Neigungswinkel blaues Licht reflectirt wird, wenn das rothe noch immer durchgeht?

Man kan alſo auf keine Weiſe behaupten, daß die Zurückſtralung durch den Stoß der Lichttheile gegen die Theile der Körper bewirkt werde. Vielmehr zeigen die vorhergehenden Betrachtungen, daß man ſie nicht von der Berührungsſtelle allein, oder von einem einzigen Punkte des reflectirenden Körpers, ſondern von einer gewiſſen über die ganze Oberfläche deſſelben verbreiteten Kraft herleiten müſſe, durch welche der Körper auf den Lichtſtral, ohne ihn unmittelbar zu berühren, wirket. Daß aber die Körper auf das Licht auch ſchon in einiger Entfernung wirken, erhellt aus den Phänomenen der Beugung des Lichts unwiderſprechlich, ſ. Beugung des Lichts.

Newton (Opt. L. II. P. 3. prop. 9. p. 229.) leitet Brechung und Zurückwerfung des Lichts von einerley Urſache ab, von einer und ebenderſelben, nur unter verſchiedenen Umſtänden ſich verſchiedentlich äuſſernden Kraft. Um Wiederholungen zu vermeiden, verweiſe ich hierüber auf

Digitized by Google

den Artikel **Brechung der Lichtstralen** (Th. I. S. 425. 426.), womit Taf. V. Fig. 74. zu vergleichen ist. Wenn hier der Lichtstral im Glase bey x sich der untern Glasfläche DC nähert, und an den Ort gelanget, wo die Wirkungskreise des Glases von aussen her aufhören, und Wirkungskreise der Luft an ihre Stelle treten, so wird er stärker nach der innern Seite des Glases, als nach der äussern, gezogen, von seinem Wege abgelenkt, und gegen die Fläche DC in einer krummen Linie geführt, deren Beschaffenheit und Krümmung von dem Verhältnisse der Anziehungen des Glases und der Luft, und von der Größe des Einfallswinkels abhängt. Ist nun der Einfallswinkel so klein, daß die krumme Bahn des Lichtstrals die Fläche DC und die mit ihr parallele Grenze der Wirkungskreise des Glases noch unter einer merklichen Schiefe erreicht, so durchschneidet der Stral diese Fläche, beschreibt die zweyte Hälfte der Bahn außer dem Glase, und wird **gebrochen**: ist hingegen der Einfallswinkel, wie bey x, so groß, daß die Bahn schon mit DC parallel wird, noch ehe der Stral die Fläche DC selbst, oder die mit ihr parallele äussere Grenze der Wirkungen des Glases erreicht, so kan die Bahn in jenem Falle DC, in diesem die letztgedachte Grenze nicht durchschneiden; ihre zweyte Helfte, welche der ersten gleich und ähnlich ist, kan also nicht, oder nicht ganz, ausserhalb des Glases fallen; daher kehrt der Stral ins Glas zurück, und wird unter gleichem Winkel mit DE **reflectiret**.

Man wird hoffentlich zugeben, daß für diesen Fall keine glücklichere und mit dem ganzen Umfange der optischen Lehren übereinstimmendere Erklärung der Reflexion möglich sey. Aber für den weit gewöhnlichern Fall der Zurückstralung von Spiegelflächen, auf welche die Lichtstralen durch die Luft fallen, muß man statt der Anziehung ein Zurückstoßen annehmen. Dies würde nun freylich sehr willkührlich verfahren heißen, wenn man sich diese Anziehungen und Repulsionen als wesentliche in den Körpern wohnende Kräfte gedächte, s. Zurückstoßen. Alsdann verdiente man den Vorwurf, daß man die Körper auf gut Glück anziehen oder abstoßen ließe, je nachdem es das Be-

Digitized by Google

dürfniß der Erklärungen erforderte. Denkt man ſich aber unter einer ſolchen Repulſion nichts weiter, als einen bequemen Ausdruck zu Bezeichnung vieler Phänomene, der ſo viel ſagen will, daß ſich alles ſo verhalte, als ob das Licht von der vereinten Kraft der ganzen Spiegelfläche abgeſtoßen würde, wobey man unentſchieden läſt, was die phyſiſche Urſache dieſes Verhaltens ſey, ſo werden die Erklärungen ſehr paſſend, und mit allen Geſetzen der Mechanik vollkommen übereinſtimmend.

Wenn ſich nemlich ein Lichttheilchen der Spiegelfläche unter einem ſchiefen Winkel nähert, ſo wird ſeine Bahn durch die Wirkung der Repulſion gekrümmt, und in die Geſtalt einer Curve gebracht, welche ihre erhabne Seite auf die reflectirende Fläche zu kehrt. Sobald die Krümmung ſo ſtark geworden iſt, daß das Lichttheilchen nun eine der Spiegelfläche ſelbſt parallele Richtung erhalten hat, ſo kan es ſich dieſer Fläche nicht weiter nähern; es muß vielmehr eine zwote, der erſten gleiche und ähnliche, Helfte ſeiner krummlinigten Bahn beſchreiben, vom Spiegel zurückweichen, und endlich, wenn es deſſen Wirkungskreis verläſt, geradlinigt in einer Tangente der Curve fortgehen, von der man leicht überſieht, daß ſie gegen die Spiegelfläche auf der entgegengeſetzten Seite unter einem eben ſo großen Winkel, als der Einfallswinkel war, geneigt ſeyn muß. Jeder Stral wird deſto tiefer in den Wirkungskreis der Repulſion eindringen, je gerader er einfällt, oder je mehr ſich ſeine Richtung dem Einfallslothe nähert; und da die Repulſion in einem weit ſtärkern Verhältniſſe wächſt, als der Abſtand von der Fläche abnimmt, ſo wird ihr Vermögen ſtark genug ſeyn, um ſelbſt die Bewegung des lothrecht einfallenden Strals nicht blos zu retardiren, ſondern ſogar aufzuheben, und den Stral geradlinigt zurückzutreiben.

Vielleicht ließe ſich ſogar die Vorſtellung von Repulſion vermeiden, und in den Begrif einer ſtärkern Anziehung von der entgegengeſetzten Seite verwandeln, wenn man annähme, daß das Licht von allen durchſichtigen Körpern ungemein viel ſtärker, als von den undurchſichtigen, angezogen

würde. Wenigſtens würde ſich unter dieſer Vorausſetzung ſehr leicht zeigen laſſen, daß bey der Berührung eines durchſichtigen Mittels mit einem undurchſichtigen, z. B. der Luft mit einem Metallſpiegel, jenes das Licht überwiegend ſtark zurückhalten, und dadurch eben die Wirkungen hervorbringen müſte, welche aus einer Repulſion des undurchſichtigen Mittels gegen das Licht erfolgen würden. Doch ich enthalte mich, in dieſen hypothetiſchen Erklärungen weiter zu gehen. Sie ſind doch nur verſchiedene Wendungen einer Vorſtellungsart, unter welche wir immer eben dieſelben Phänomene zuſammenfaſſen. Das bisherige iſt genug, um die Wahrſcheinlichkeit des newtoniſchen Satzes zu zeigen, daß Brechung und Zurückwerfung des Lichts aus einerley Urſache entſtehen. Was dieſe Urſache ſey, würde ich durch alle weitere Zergliederungen doch nicht finden.

Newton ſelbſt beſtärkt den Satz mit drey Gründen. Erſtens, weil beym Ausgange aus Glas in Luft die Brechung durch bloße Vergrößerung des Einfallswinkels in Zurückwerfung übergeht; zweytens, weil das Licht von dünnen Glasſcheibchen, deren Dicke in arithmetiſcher Progreſſion zunimmt, wechſelsweiſe mehreremale bald reflectirt, bald durchgelaſſen wird, ſ. Farben (Th. II. S. 141 u. f.), mithin Brechung und Zurückſtralung durch bloße Veränderung der Dicke der Körper mehreremale in einander übergehen; drittens, weil diejenigen Oberflächen durchſichtiger Körper, welche das Licht am ſtärkſten brechen, eben daſſelbe auch am ſtärkſten zurückwerfen.

Endlich fügt Newton noch die Vermuthung hinzu, daß alle Stralen, welche wirklich auf die materiellen Theile der Körper ſtoßen, ganz erſticket werden und verlohren gehen. Sie können nemlich dem Emanationsſyſtem zufolge nicht durchgehen, weil materielles Licht nicht durch die undurchdringliche Materie der Körper gehen kan; ſie können auch nicht reflectirt werden, weil es ſonſt zwo Arten der Zurückſtralung, eine durch Berührung und Stoß, die andere ohne dieſe Umſtände, geben müſte. Würden alle Stralen, die auf die innern Theile des durchſichtigen Waſſers oder Kryſtalles treffen, zurückgeworfen, ſo müſten dieſe

Digitized by Google

Körper nicht hell und durchsichtig, sondern trüb und dunkel scheinen. Körper, die schwarz aussehen, müssen sehr viele Stralen auffangen und in ihrem Innern verschlucken; es ist aber nicht wahrscheinlich, daß Stralen anders, als durch ihren Anstoß gegen materielle Theile, verlohren gehen und verschlucket werden können.

Uebrigens erhellet leicht aus der Uebereinstimmung des Gesetzes der Zurückstralung mit dem allgemeinen Gesetze aller Reflexionen (s. den vorhergehenden Artikel **Zurückwerfung**), daß auch bey der Zurückwerfung des Lichts von der Natur das Gesetz der **kleinsten Wirkung** oder **Sparsamkeit** beobachtet werde.

Photometrische Versuche über die Zurückstralung.

Keine Fläche wirft das Licht, das sie empfängt, ungeschwächt und ohne Verlust zurück. Selbst die vollkommensten Spiegel verschlucken einen ansehnlichen Theil der auf sie fallenden Stralen. **Büffon** (Mém. de Paris, 1747. p. 123.) hat hierüber zuerst Versuche angestellt. Er ließ Sonnenlicht in ein dunkles Zimmer fallen, und verglich das gerade auffallende mit dem von einem Spiegel zurückgeworfenen. Hiebey glaubte er zu finden, daß in kleinen Entfernungen von 4 — 5 Fuß ohngefähr die Helfte durch die Zurückwerfung verlohren gehe. Denn zween reflectirte Stralen auf eben denselben Fleck geleitet, schienen ihm eben so stark zu erleuchten, als ein einziger gerade auffallender. Das Licht von Kerzen hingegen schien in einem etwas stärkern Verhältnisse, etwa wie 5:2, geschwächt zu werden. Denn er muste eine Kerze, die ihm die Schrift in einem Buche aus einer Entfernung von 24 Fuß im Dunkeln lesbar machte, bis auf 15 Fuß nähern, wenn ihr Licht, von einem Spiegel reflectirt, gleiche Wirkung thun sollte. In beyden Entfernungen aber hätten sich die Mengen des ungeschwächt auffallenden Lichts, wie die Quadratzahlen von 15 und 24, d. i. wie 225:276 oder fast, wie 2:5 verhalten. Das Licht der Kerze ward also durch den Spiegel im Verhältnisse 5:2, mithin etwas mehr, als das Son-

Digitized by Google

nenlicht, geschwächt, wovon er die Ursache angiebt, daß das Licht der Kerze mehr auseinanderfahre, und daher mehr unter verschiedener Schiefe auf den Spiegel falle, als das Sonnenlicht.

Weit umständlicher und genauer sind die Versuche über die Schwächung des Lichts durch die Reflexion von Bouguer (Traité d'optique sur la gradation de la lumiere. à Paris, 1760. 4 maj.) angestellt worden. Die Methoden, deren er sich hiezu bediente, sind sehr mannigfaltig, kommen aber alle darinn überein, daß gleich große und gleich gefärbte Räume durch gerade auffallendes und durch reflectirtes Licht so erleuchtet wurden, daß das Auge die Erleuchtungen gleich stark fand, worauf denn der Schluß auf die Stärke des Lichts entweder aus den Entfernungen der leuchtenden Körper, oder aus den Größen der Oefnungen, durch welche das Licht einfiel, gemacht wurde.

Ein reines Spiegelglas, eine Linie dick, und unter einem Winkel von 15° gegen die auffallenden Stralen geneigt, warf von 1000 Stralen 628 zurück, da ein Metallspiegel unter gleichen Umständen nur 561 zurücksendete. Bey kleinern Neigungswinkeln (der Stralen mit der Fläche) ward mehr Licht zurückgegeben; z. B. bey 3° warf der gläserne Spiegel 700 zurück. Weißer unpolirter Gyps und feines weißes Papier, worauf die Stralen einer 9 Zoll entfernten Kerze unter einem Winkel von 75° fielen, sendeten auf eine 3 Zoll entfernte Fläche den 150sten Theil des erhaltenen Lichts. Queckſilber verschluckte bey einem Neigungswinkel von $11\frac{1}{2}$° ohngefähr den vierten Theil der empfangenen Stralen.

Bey kleinen Neigungswinkeln ist überhaupt die Zurückstralung stärker, als bey größern. Dieser Unterschied äussert sich bey allen Körpern, am meisten bey sehr durchsichtigen; doch auch sehr stark bey schwarzem Marmor, der ohne eine vollkommene Politur zu haben, unter einem Neigungswinkel von 3° 35′ von 1000 Stralen 600, bey 15° Neigung nur 156, bey 30° nur 51, bey 80 Grad nur 23 zurückwarf.

Digitized by Google

Das Wasser wirft bey sehr kleinen Neigungswinkeln eben soviel Licht, als Queckſilber, zurück. Jeder kan dieſe ſtarke Zurückſtralung bemerken, wenn er ſich an dem Rande eines Teiches der Sonne gegenüber bey heiterm und ſtillem Wetter befindet. Das reflectirte Licht iſt alsdann dem dritten Theile, ſelbſt der Helfte, des geraden Sonnenlichts gleich, und beydes zuſammen macht einen ſtarken Eindruck. Das gerade Sonnenlicht nimmt ab, je niedriger die Sonne ſteht, das reflectirte aber nimmt zu, ſo daß die Wirkung von beyden zuſammen bey einer Sonnenhöhe von 12 — 13° ein Gröſtes iſt. Bey großen Neigungswinkeln iſt dagegen die Zurückſtralung von der Oberfläche des Waſſers ſehr ſchwach. Folgende Tafel zeigt die Mengen der Stralen, welche Waſſer und unfoliirtes Spiegelglas, von 1000 auffallenden Stralen, unter verſchiedenen Neigungswinkeln zurückſenden:

Winkel	Waſſer	Spiegelglas	Winkel	Waſſer	Spiegelglas
0° 30′	721	—	15°	211	299
1 —	692	—	20	145	222
1 30	669	—	25	97	157
2 —	639	—	30	65	112
2 30	614	584	40	34	57
5 —	501	543	50	22	34
7 30	409	474	60	19	27
10 —	333	412	70	18	25
12 30	271	356	80	18	25
			90	18	25

Gießt man Waſſer auf Queckſilber, ſo erſcheinen von jedem Gegenſtande zwey Bilder, eines von der Waſſer- das andere von der Queckſilberfläche. Bey großen Neigungswinkeln verſchwindet das erſte Bild, weil das Waſſer zu wenig Licht ins Auge ſendet. Je ſchiefer man aber das Auge gegen die Fläche hält, deſto heller wird das Bild vom Waſſer, und deſto ſchwächer das vom Queckſilber, weil alsdann das Waſſer mehr Stralen reflectirt und vom Queckſilber abhält. Bey einem Neigungswinkel von 10° werden

Digitized by Google

beyde Bilder gleich hell. Unter dieſem Winkel nemlich wirft das Waſſer von 1000 Stralen 333 zurück; von den übrigen bleiben nach der Zurückwerfung an der Queckſilberfläche nur 500, von welchen wiederum nach der Reflexion an der innern Waſſerfläche nur 333 bleiben, welche wirklich in die Luft ausgehen und das Bild von der Oberfläche des Queckſilbers machen.

Die Zurückſtralung von der innern Fläche durchſichtiger Körper iſt bey kleinen Neigungswinkeln ungemein ſtark, weil hiebey die Brechung gar nicht mehr ſtatt findet, ſondern ganz in Zurückwerfung übergeht. Dies hatte ſchon **Edwards** (Philoſ. Trans. Vol. LIII. p. 229.) bemerkt. Leute, die ſich unter Waſſer befinden, ſehen daher die Bilder der Dinge unter demſelben an der Oberfläche beſonders ſchön und deutlich. Von der innern Waſſerfläche wird, vom kleinſten Neigungswinkel an bis zu einem gewiſſen Winkel, der gröſte Theil der Stralen vielleicht eben ſo ſtark, als von Metallſpiegeln, oder Queckſilber, zurückgeworfen und das übrige verſchlucket, ſo daß die Oberfläche inwendig ganz dunkel ſcheint. Wird der Neigungswinkel um ein paar Grade größer, ſo hört die ſtarke Reflexion mit einemmale auf, die meiſten Stralen werden in die Luft hinaus gebrochen, und nur wenige verſchluckt. Bey noch größern Neigungswinkeln wird des reflectirten Lichts immer weniger, ſo daß die faſt ſenkrechten Stralen beynahe alle herausgehen, und faſt gar keine mehr verſchluckt werden, daher die Oberfläche eben ſo durchſichtig wird, als ſie es von der andern Seite iſt, wenn nemlich das Licht von auſſen hineingeht.

Daß Stralen, die unter gewiſſen Winkeln aus Waſſer in Luft gehen wollen, zurückgeworfen werden, hat ſchon **Kepler** (Dioptr. Prop. 13.) bemerkt. Eben ſo iſt es auch mit Stralen, die aus Glas in Luft gehen wollen, wenn der Neigungswinkel kleiner als 49° 49′ iſt. Darauf gründet ſich ſchon **Newtons** Vorſchlag, in ſeinen Teleſkopen ſtatt des kleinen Spiegels ein gläſernes Prisma zu gebrauchen, ſ. **Spiegelteleſkop** (oben S. 137. 138). Wenn die Stralen innerhalb ſolcher Prismen unter einem Winkel

Digitized by Google

von 10, 20 bis 30 Grad auf die gemeinschaftliche Fläche des Glases und der Luft fallen, so ist die Zurückstralung fast so stark, als am Queckſilber, indem auf drey Viertel der Stralen reflectirt, und die übrigen verſchluckt werden. Wird aber der Neigungswinkel größer, als 49° 49′, ſo nimmt die Menge des reflectirten Lichts plötzlich ab, und die Oberfläche wird mit einemmale durchſichtig. Im Waſſer iſt dieſer Winkel etwa 41° 32′, und in jedem Mittel hängt ſeine Größe von dem Brechungsverhältniſſe ab.

Die Eigenſchaft, das Licht zu verſchlucken, welche ſich an den Oberflächen durchſichtiger Körper findet, iſt, wie es ſcheint, vor Bouguer von niemanden bemerkt worden. Dieſer Gelehrte folgert daraus, daß Newton's Behauptung, als ob die Lichtſtralen blos durch den Anſtoß gegen die materiellen Theile der Körper verſchluckt oder entkräftet würden, nicht gegründet ſey. Denn ſolcher Theile, ſagt er, müſten in einem langen Striche Waſſers weit mehrere, als eben beym Ausgange aus Waſſer in Luft, angetroffen werden. Er glaubt daher, daß dieſes Verſchlucken von einer blos an der Oberfläche befindlichen Kraft bewirkt werde, welche vermuthlich eben diejenige ſey, die das Licht zurückwirft, bricht und beuget.

Von dieſer Eigenſchaft der Oberflächen giebt Bouguer noch einen andern Beweiß. Er betrachtete ein Täfelchen durch ein längliches Stück Glas, und ein anderes durch vier ein wenig aus einander gerückte Stücken, die zuſammen genau dieſelbe Länge, wie jenes, hatten. Sie waren gegen die Täfelchen unter einem Winkel von 75° geneigt. Aus der Vergleichung der Entfernungen der Täfelchen von dem Lichte, das ſie erleuchtete, fand er, daß das Licht durch die ſechs Reflexionen an den drey letzten Glasſtücken in dem Verhältniſſe von 360000 zu 243049 geſchwächt ward, alſo durch jedes in dem Verhältniße von 1000 zu 877. Nun hatte er durch andere Verſuche beſtimmt, daß die Reflexion an der Vorderfläche dieſer Glasſtücken bey einem Neigungswinkel von 75° den 36ſten Theil, die an der Hinterfläche den 27ſten bis 28ſten Theil des Lichts wegnehme. Jene ließ alſo von 1000 Stralen 972 übrig, welche durch dieſe

auf 936 vermindert wurden. Da aber nur 877 wirklich durchgiengen, so zeigte sich ein Verlust von 59 Stralen, welche ohngefähr den 16ten Theil des ganzen Lichts ausmamachen. Dieser Verlust kömmt von der Hinterfläche her, welche auch bey großen Neigungswinkeln noch fortfährt, so zu wirken, als ob sie nicht ganz durchsichtig wäre. Bey ähnlichen Versuchen fanden sich zwar nicht genau dieselben Resultate; doch bewiesen sie immer, daß Licht verlohren gehe, selbst bey fast senkrechten Stralen. Es schien, daß man die Größe dieses Verlusts im Durchschnitte auf $\frac{1}{17} - \frac{1}{18}$ des Lichts, eben so groß, wie den von der Hinterfläche reflectirten Theil, setzen könne.

Fast zugleich mit **Bouguer**, aber mit weit mehr systematischem Geiste und mehr Stärke in der mathematischen Berechnung, hat diese Gegenstände **Lambert** (Photometria, sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Aug. Vindel. 1760. 8.) behandelt. Der zweyte Theil dieses vortreflichen Werks beschäftiget sich mit den Veränderungen, die das Licht beym Durchgange durch durchsichtige Körper, besonders durch Glas, leidet. **Völlig durchsichtige** Körper wären solche, die gar kein Licht zurückwürfen und verschluckten. Da es dergleichen gar nicht giebt, so mögen schon die völlig durchsichtig heißen, die nur kein Licht verschlucken. Die Menge des reflectirten Lichts hängt nicht von der Undurchsichtigkeit, sondern von der Dichte des durchsichtigen Körpers und des daran grenzenden Mittels ab. Licht, das aus Wasser in Glas geht, wird weniger zurückgeworfen, als das aus Luft in Glas geht, und beym Durchgange aus dem dichtern Mittel ins dünnere wird mehr zurückgeworfen, als in dem gegenseitigen Falle. Völlig klares Wasser und sehr schwarze Dinte in irdene, inwendig schwarz glasurte, Gefäße gethan, stellten das Bild des heitern Himmels beyde gleich hell dar, daß es also gar nicht auf die größere oder geringere Undurchsichtigkeit ankömmt.

Das von Glastafeln durchgelassene, reflectirte und verschluckte Licht vergleicht **Lambert** durch ein sehr sinnreiches Verfahren weit genauer und mathematischer, als Bou-

Digitized by Google

guer. Würde gar kein Licht verschluckt, und wäre das Verhältniß des einfallenden und reflectirten Lichts an der Vorderseite einer Glastafel 1 : q, an der Hinterseite 1 : p, so müste die Menge des sämmtlichen von beyden Flächen reflectirten Lichts $M = \frac{q+p}{1+p}$, die Menge des durchgehenden $N = \frac{1-q}{1+p}$, und beyder Summe = 1, der Menge des einfallenden Lichts, seyn. Er berechnet nun ferner die Menge des von mehrern hinter einander liegenden Glastafeln reflectirten Lichts, bey demselben Einfallswinkel auf die erste derselben, und findet noch immer in unbestimmten Ausdrücken, wie bey einem einzigen Glase das Verhältniß des reflectirten und durchgelassenen Lichts beschaffen ist, wenn bey demselben Einfallswinkel mehrere hinter einander gestellte Gläser das zurückgeworfene Licht dem einfallenden gleich machen. Er sucht auch die Grenzen, zwischen welche p und q unabhängig von den Versuchen fallen müssen, und sieht deren Mittel als einen Werth an, der von dem wahren nicht viel unterschieden seyn kan.

Hierauf geht er zu Versuchen über. Er zog auf einer Tafel einen schwarzen Strich einer Linie breit, stellte darüber eine Glastafel, und suchte den Ort seines Auges, wo ihm das durch Reflexion gesehene Bild des einen Theils vom Striche gleich aschfarbig, wie das durch die Brechung gesehene, schien. Er fand für diesen Ort den Neigungswinkel der einfallenden Stralen $14\frac{1}{2}°$. Für mehrere hinter einander gesetzte Glastafeln gaben die Versuche folgende Neigungswinkel:

1 Glastafel $14\frac{1}{2}°$	4 Glast. 31°	7 Glast. 43°
2 —— 22	5 —— 35	8 —— 47
3 —— 27	6 —— 39	9 —— $50\frac{1}{2}$

Aus den vorher angestellten Rechnungen folgte, daß bey völlig durchsichtigen Gläsern das von dem ersten dieser Gläser, ohne die übrigen, reflectirte Licht, nach der Reihe der angegebnen Winkel $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$ u. s. w. des einfallenden ist, z. B. beym Neigungswinkel 27°, $\frac{1}{4}$ des auffallenden,

Digitized by Google

daher das gebrochne die übrigen $\frac{1}{4}$ ausmacht. Hieraus ergiebt sich für diese Winkel das Verhältniß M : N, wovon Lambert zeigt, daß es nicht merklich fehlen könne, wenn auch gleich die zu den Versuchen gebrauchten Gläser nicht völlig durchsichtig sind, weil die Verschluckung des Lichts zwar die absoluten Größen M und N, aber nicht ihr Verhältniß, merklich ändern kan.

Um nun noch zu finden, wie eigentlich p und q von den bestimmten Größen der Winkel abhängen, geht Lambert tiefer in die newtonische Theorie der Brechung und Zurückwerfung ein, betrachtet die Curve, welche der Lichtstral beschreibt, und findet durch eine nach den Erfahrungen eingerichtete Hypothese vermittelst der Integralrechnung eine Formel, aus welcher, wenn man die Versuche zu Hülfe nimmt, und den Einfallswinkel (das Complement des Neigungswinkels zu 90°) $= \gamma$ nennt,

$$\log.(1-q) = -0{,}0087241.\ \text{sec.}\ \gamma^2$$
$$\log.(1-p) = -0{,}0199966.\ \text{sec.}\ \gamma^2$$

folgt. Diese Formeln geben für die oben bestimmten Winkel Resultate, welche von den wirklich beobachteten nur sehr wenig abweichen. Für die Neigungswinkel von 10 zu 10 Graden erhält man daraus folgende Tabelle

Neigungswinkel	q	p	M	N
10°	0,4862	0,7766	0,7108	0,2892
20	0,1578	0,3204	0,3622	0,6378
30	0,0772	0,1653	0,2070	0,7930
40	0,0474	0,1046	0,1376	0,8624
50	0,0337	0,0705	0,0973	0,9027
60	0,0264	0,0585	0,0802	0,9198
70	0,0225	0,0499	0,0690	0,9310
80	0,0203	0,0450	0,0624	0,9376
90	0,0199	0,0448	0,0619	0,9381

Hieraus erhellet, daß die Menge des reflectirten Lichts gegen das einfallende an der Hinterfläche des Glases weit größer ist, als an der Vorderfläche, wie auch Bouguer schon fand, obgleich das, was dieser letztere von den Ver-

Digitized by Google

hältniſſen herausbringt, gegen Lamberts Unterſuchungen ſo gut, als Nichts iſt. Uebrigens kan man aus der lambertiſchen Tafel, wenn man ſie auf wirkliche Fälle anwenden will, nur die Verhältniſſe M : N brauchen; um die abſoluten Größen M und N zu haben, müſte man vorher die Menge des verſchluckten Lichts, auf welche hier nicht geſehen iſt, kennen und abziehen. Bezeichnet man alsdann den Reſt durch 10000, ſo werden von dieſen Stralen, wenn ſie z. E. ſenkrecht auffallen, 199 von der Vorderfläche, und aus den übrigen 9801 (im Verhältniſſe von 1 zu 0,0448) noch 439 von der Hinterfläche reflectirt werden; von dieſen 439 reflectirt die Vorderfläche (in dem nemlichen Verhältniſſe) wieder 19, und läſt 420 durch. Da die übrigen Zurückwerfungen ganz unbeträchtlich werden, ſo macht das ſämmtliche durch die Vorderfläche reflectirte Licht 199+420 = 619 aus; und die übrigen 9381 Stralen gehen durch die Hinterfläche aus.

Daß aber der Verluſt des verſchluckten Lichts ſehr beträchtlich ſeyn müſſe, zeigt ſich daraus, weil ſchon zwey mittelmäßig durchſichtige Gläſer im Stande ſind, das ſenkrecht durchgehende Licht auf die Helfte des einfallenden zu bringen, da ſich doch aus dem vorigen berechnen läſt, daß das reflectirte Licht bey einer Anzahl von x Gläſern $= \frac{x}{15{,}1533+x}$ ſey, daß alſo 15 Glastafeln es noch nicht völlig auf $\frac{1}{2}$ bringen würden, wenn keine Verſchluckung vorgienge. Wie groß dieſer Verluſt bey ſenkrechtem Durchgange durch mehrere Gläſer ſey, hat Lambert gleichfalls unterſucht, und die Reſultate darüber in eine Tabelle gebracht, welche ich bereits beym Worte Durchſichtigkeit (Th. I. S. 644) mitgetheilt habe.

Im dritten Theile der Photometrie trägt Lambert die Berechnung des von undurchſichtigen Körpern, beſonders von Spiegeln, zurückgeworfenen Lichts vor. Von dem auf ſolche Körper fallenden Lichte wird nur ein Theil ſo zurückgeſandt, als wenn ſie eine völlig glatte Oberfläche hätten; ein Theil wird wegen der Ungleichheiten nach allen Seiten

Digitized by Google

hin zerſtreut; ein Theil, der in die Blättchen an der Oberfläche des Körpers dringt, geht von dieſen wieder zurück, und giebt dem Körper ſeine Farbe; ein Theil endlich geht im Körper ſelbſt verlohren. Es werden hierüber wieder ſcharfſinnige theoretiſche Unterſuchungen angeſtellt. Was die Verſuche anbetrift, ſo erleuchtete Lambert durch eine Lichtflamme eine weiſſe Wand ſenkrecht, beſchattete einen Theil derſelben, und ließ auf dieſen Theil das Licht von vier mit Queckſilber foliirten Spiegeln fallen, ſo daß der beſchattete Theil ſo hell von den Spiegeln ausſah, wie der vom Lichte unmittelbar erleuchtete. Das Licht fiel auf die Spiegel, und von da auf die Wand faſt ſenkrecht. Hiebey fand er nun, daß von 10000 auffallenden Stralen 4648 verloren giengen, und nur 5352 zurückgeworfen wurden. Das Queckſilber verſchluckte ohngefähr ein Drittel des ſenkrecht einfallenden Lichts, wiewohl es etwas mehr zurückſenden mag, wenn die Stralen nicht durch Glas, ſondern unmittelbar aus der Luft, darauf fallen.

Das übrige in Lamberts Werke enthält Vergleichungen der Helligkeit des erleuchtenden und des erleuchteten undurchſichtigen Körpers, deſſen Oberfläche rauh iſt. Hiebey wird unter Weiße eines Körpers die Menge der zurückgeworfenen Lichtſtralen verſtanden, wenn die Menge der einfallenden durch Eins ausgedrückt wird. Der höchſte Grad der Weiße (albedo abſoluta) = 1 würde demjenigen Körper zukommen, der alles auffallende weiße Licht wieder zurückſendete, dergleichen es aber nicht giebt. Lambert findet die Weiße der Körper durch einen merkwürdigen Lehrſatz, vermittelſt einer von einer Lichtflamme ſenkrecht erleuchteten Ebne, deren Bild hinter einem Linſenglaſe in einer ſolchen Entfernung aufgefangen wird, daß die Helligkeit in der Mitte des Bildes der Helligkeit der Ebne ſelbſt von dem gerade auffallenden Lichte gleich iſt. Durch dieſes Mittel beſtimmt er die Weiße eines Buchs Papier von der weißeſten Gattung = $\frac{2}{3}$, eines einzelnen Bogens = $\frac{2}{13}$, eines mit Cremſerweiß beſtrichnen Regalpapiers = 0,4230. Eben ſo läſt ſich auch die Menge der rothen zurückgeworfenen Stra-

len unterſuchen, wenn man die Menge der einfallenden rothen = 1 ſetzt u. ſ. w.

Noch einiges hiemit zuſammenhängende findet man in dem Artikel **Licht**, unter dem Abſchnitte **Stärke des Lichts** (Th. II. S. 883. u. f.).

Uebrigens handlen von den Wirkungen der Zurückſtralung von ebnen und krummen Flächen die Artikel: **Spiegel**, **Hohlſpiegel**, **Brennſpiegel**, **Paraboliſcher Spiegel** u. a.

Käſtner Anfangsgründe der Katoptrik, in den Anfangsgründen der angewandten Mathematik. Erſte Abtheil. Göttingen, 1780. 8. §. 8. u. f. S. 237. u. f.

Prieſtley Geſchichte der Optik, durch Klügel, S. 219. u. f. S. 293 — 322.

Montucla Hiſt. des mathematiques. To. II. P. IV. L. IX. Art. 6.

Briſſon Dict. raiſonné de Phyſique, Art. *Réflexion de la lumiere.*

Zurückwerfungsebne, Planum reflexionis, *Plan de réflexion.* Die ebne Fläche, welche bey der Zurückwerfung der bewegten Körper (und des Lichts) durch den Weg des auffallenden Körpers (oder des einfallenden Lichtſtrales) und das Einfallsloth geht. In dieſer Ebne bleibt auch der Weg des abprallenden Körpers (und der zurückgeworfene Lichtſtral) ſ. **Zurückwerfung**, **Zurückwerfung der Lichtſtralen.** Dieſer Umſtand erleichtert die Zeichnung der Figuren, welche ſich auf Reflexion beziehen. Man zeichnet auf das Papier den Weg des einfallenden Körpers und das Einfallsloth; ſo geht auch der Weg des reflectirten Körpers in der Ebne des Papiers fort, welche hiebey die Zurückwerfungsebne vorſtellt.

Zurückwerfungswinkel, Reflexionswinkel, Angulus reflexionis, *Angle de réflexion.* Gemeiniglich verſteht man unter dieſer Benennung den Winkel CBE oder x, Taf. XXVII. Fig. 102., welchen bey der Zurückwerfung der Körper der Weg des abprallenden Körpers BC mit der reflectirenden Fläche BE macht. Dieſer Winkel iſt dem Ge-

Digitized by Google

ſetze der Zurückwerfung gemäß jederzeit dem Winkel ABD oder o gleich, welcher letztere hier insgemein der **Einfallswinkel** genannt wird.

In der Lehre vom Lichte und der Zurückſtralung iſt es ſchicklicher, unter dem Namen des **Einfallswinkels** das Complement von o, d. i. den Winkel FBA oder u zu verſtehen, welchen der einfallende Stral AB mit dem Einfallslothe FB macht, ſ. **Einfallswinkel**. Will man alsdann das Geſetz der Zurückſtralung noch ſo ausdrücken, daß man ſagt, der Reflexionswinkel ſey dem Einfallswinkel gleich, ſo muß man auch unter Reflexions- oder Zurückwerfungswinkel denjenigen, den der abprallende Stral mit dem Einfallswinkel macht, d. i. FBC oder y, verſtehen. Es iſt nemlich u=y und o=x. Dieſen Sprachgebrauch hat **Erxleben** in den Anfangsgründen der Naturlehre beobachtet.

Es herrſcht aber in dieſen Benennungen bey den optiſchen Schriftſtellern eine große Verſchiedenheit. Herr **Klügel** nennt ſehr ſchicklich u den Einfallswinkel, o den Neigungswinkel. Nach dieſer Art, ſich auszudrücken, wäre der Zurückwerfungswinkel x dem Neigungswinkel gleich. Aber **Bouguer**, **Lambert**, **Käſtner** (Katoptrik, u.) nennen o den Einfallswinkel, ſo daß dieſer Name hier in einem andern Sinne, als bey der Brechung, gebraucht wird, wo er den Winkel des einfallenden Strals mit dem Einfallslothe, oder u, bezeichnet. Es kömmt auf Benennungen ſo viel nicht an, wenn nur jeder gehörig beſtimmt, was er darunter verſtanden wiſſen wolle.

Zuſammendrückung, ſ. **Verdichtung.**

Zuſammenhang, ſ. **Cohäſion.**

Zuſammenkunft, ſ. **Aſpecten.**

Zuſammenſetzung, Syntheſis, Compoſitio, *Compoſition.* Die Verbindung mehrerer Theile zu einem einzigen Ganzen oder Körper. Da die Theile der Körper von doppelter Art, entweder unter ſich und mit dem Ganzen gleichartig, oder ungleichartig, ſeyn können, ſ. **Theile der Körper**; ſo giebt es auch eine doppelte Art der Zu-

Digitized by Google

ſammenſetzung. Werden gleichartige oder mechaniſche Theile durch bloßes Nebeneinanderlegen und Cohäſion ſo verbunden, daß das Ganze mit den Theilen ſelbſt einerley Natur und Beſchaffenheit behält, ſo heißt dies eine **Zuſammenhäufung** (aggregatio, ſyntheſis mechanica); werden hingegen ungleichartige oder chymiſche Beſtandtheile durch wechſelſeitige Verwandſchaft ſo vereiniget, daß ſie einander auflöſen, und ein neues Product von ganz anderer Beſchaffenheit erzeugen, ſo heißt dies eine **Miſchung** (mixtio, ſyntheſis chymica).

Einige Schriftſteller brauchen das Wort **Zuſammenſetzung** nur für Miſchung allein, und ſetzen es der Zuſammenhäufung oder Mengung entgegen.

Zuſammenſetzung der Kräfte und Bewegungen, Compoſitio virium et motus, *Compoſition des forces et du mouvement.* Aus dem Zuſammenkommen mehrerer Bewegungen, deren Richtungen Winkel mit einander machen, entſteht eine Bewegung nach einer andern zwiſchen die vorigen fallenden Richtung, welche man eine **zuſammengeſetzte Bewegung** nennt. Und weil man ſich jede Bewegung als Wirkung einer Kraft gedenken kan, ſo folgt hieraus ganz natürlich, daß es Fälle giebt, wo zwo oder mehr zuſammenkommende Kräfte, welche nach verſchiedenen Richtungen treiben, gerade ſo wirken, wie eine einzige Kraft, welche nach einer gewiſſen zwiſchen jene fallenden Richtung wirkte.

Wenn z. B. im Körper A, Taf. IV. Fig. 60. zwo gleichförmige Bewegungen zugleich hervorgebracht und unterhalten werden, deren eine ihn in einer gewiſſen Zeit durch den Raum AB, die andere in eben der Zeit durch AC führen würde, ſo entſtehet aus beyden zuſammen eine neue ebenfalls geradlinigte Bewegung, die ihn in eben der Zeit durch AD, die Diagonallinie des Parallelogramms ABCD, führet, ſ. Bewegung, zuſammengeſetzte (Th I. S. 348.). Stellt man ſich nun die Bewegungen durch AB und AC als Wirkungen von Kräften vor, deren Richtungen nach AB und AC gehen, und deren Größen ſich, wie

Digitized by Google

AB und AC verhalten, ſo wird man ſich mit eben dem Rechte auch die zuſammengeſetzte Bewegung durch AD als die Wirkung einer Kraft vorſtellen können, deren Richtung nach AD geht, und deren Größe ſich zu den beyden vorigen, wie AD zu AB und zu AC, verhält. Man wird alſo hier einen Fall haben, in welchem zwo zuſammenkommende Kräfte ſo wirken, wie eine dritte Kraft, die ſich aus jenen nach den Regeln der zuſammengeſetzten Bewegung beſtimmen läſt. Dieſe Verbindung mehrerer einfachen Bewegungen zu einer zuſammengeſetzten, oder mehrerer Kräfte zu einer einzigen, die eben ſo wirkt, wie jene alle zuſammen, heißt **Zuſammenſetzung der Bewegungen und der Kräfte.** Bey den Kräften insbeſondere heißen auch die zuſammenkommenden ſelbſt und ihre Richtungen die äuſſern, die aus allen zuſammen entſtehende die **mittlere Kraft**, und ihre Richtung die **mittlere Richtung.**

Was nun die Zuſammenſetzung der **Bewegungen** betrift, ſo iſt das Weſentliche davon bereits beym Worte **Bewegung, zuſammengeſetzte,** beygebracht worden. Alles hängt hier von einem Grundſatze (Th. I. S. 348.) ab, der theils an ſich ſehr evident iſt, theils auch leicht durch Verſuche beſtätiget werden kan.

Inzwiſchen findet doch ſowohl die Evidenz des Grundſatzes, als die Beſtätigung deſſelben durch Verſuche, nur ſo lange ſtatt, als man eine unveränderliche Gleichförmigkeit der Bewegungen durch AB und AC ſupponirt, die ſelbſt alsdann noch vorhanden iſt, wenn gleich die Wege AB und AC nicht wirklich beſchrieben werden. Denn die Erläuterung des Satzes, welche Th. I. S. 348. gegeben wird, ſetzt voraus, die Bewegung nach AB führe den Körper in der Helfte der Zeit durch $Ab = cd = \frac{1}{2}AB$, im Drittel durch $\frac{1}{3}AB$, im Viertel durch $\frac{1}{4}AB$ u. ſ. w.; eben ſo führe ihn die Bewegung nach AC in der Helfte der Zeit durch $Ac = bd = \frac{1}{2}AC$, im Drittel durch $\frac{1}{3}AC$ u. ſ. f.; ob er gleich weder durch Ab noch durch Ac wirklich geht, ſondern in der Helfte der Zeit die halbe Diagonale Ad u. ſ. w. beſchreibt. Von dieſer ſupponirten immer unverändert bleibenden Gleichförmigkeit hängt der Schluß ab, daß der Körper am Ende

Digitized by Google

jedes Zeittheils ſich nirgend anders, als in irgend einem Punkte der Diagonale AD befinden könne. Auch in den Verſuch, welchen Taf. IV. Fig. 61. vorſtellt, wird eben dieſe Gleichförmigkeit erſt durch die Veranſtaltungen hineingebracht, indem die Walze E gleichförmig fortgerollt, und dadurch unmittelbar ſowohl ein gleichförmiger Fortgang nach der Richtung AB, als auch ein gleichförmiges Abwickeln des Fadens und Niederſinken nach AC bewirkt wird. Es iſt alſo die Frage, ob dieſe beſtändige Gleichförmigkeit auch in der Natur ſelbſt ſo nothwendig vorhanden ſey, als es bey dieſem Grundſatze ſupponirt, und beym Verſuche durch die Veranſtaltungen bewirkt wird.

Mit andern Worten läſt ſich dieſes ſo ausdrücken. Es iſt zwar kein Zweifel, daß der Körper A, Taf. IV. Fig. 60. die Diagonale AB beſchreiben wird, wenn man ihn wirklich in jeder Stelle ſeines Weges gleich ſtark und gleich ſchnell nach Richtungen fortſchiebt, die mit AB und AC parallel ſind. Aber es iſt die Frage, ob er noch eben das thun wird, wenn ihm die Geſchwindigkeiten nach AB und AC blos im Punkte A mitgetheilt werden, und man ihn alsdann ſich ſelbſt überläſt, ohne auf ſeine Bewegung weiter zu wirken? Genau betrachtet iſt doch das letzte etwas anders als das erſte. Aber die Evidenz des Grundſatzes und der Verſuch ſind nur auf das erſte anwendbar.

Man hat daher diejenigen mit Recht getadlet, welche den Grundſatz von der zuſammengeſetzten Bewegung ohne allen weitern Beweis allzuweit ausgedehnt, und die ganze Mechanik daraus herzuleiten geſucht haben. Dahin gehört **Varignon**, und ſelbſt **Newton**, welcher in ſeinen Principien die Theorie des Winkelhebels auf den Satz von zuſammengeſetzten Bewegungen und Kräften gründet, ſ. **Winkelhebel**. Es bleibt zwar wahr, daß man keinen Grund ſieht, warum die Gleichförmigkeit der Bewegungen oder Sollicitationen nach AB und AC während der Bewegung durch AD wegfallen oder ſich ändern ſollte; aber dies iſt immer noch nicht genug, um einen mathematiſchen Beweis eines ſo wichtigen Grundgeſetzes auszumachen.

Digitized by Google

Andere, z. B. **Daniel Bernoulli** (Comment. acad. sc. Petropol. T. I.) und **d'Alembert** (Traité de Dynamique. à Paris, 1743. 4. p. 22.) haben Beweise zu geben versucht, die auch für den Fall gelten sollten, wenn der Körper während der Bewegung ganz sich selbst überlassen bleibt. Gegen Bernoulli's Demonstration ist erinnert worden, sie sey zu weitläufig und enthalte unerwiesene Voraussetzungen. **d'Alembert** stellt sich vor, der Körper liege auf einer Fläche, die sich in einem Falze der Bewegung nach AB gleichförmig entgegenschiebe, während der Falz selbst mit der Fläche zugleich der andern Bewegung nach AC ebenfalls gleichförmig entgegen geschoben werde. Hiebey müste der Körper A in absoluter Ruhe bleiben, weil seine beyden Bewegungen durch die entgegengesetzten, die ihm die Fläche giebt, gerade aufgehoben werden. Weil nun die Fläche geschoben werden soll, d. h. weil immerfortwirkende Kräfte sie gleichförmig bewegen sollen, so wird sie sich nach der Diagonale DA bewegen, und der Körper, der in absoluter Ruhe ist, wird auf ihr die Linie AD beschreiben. Hierin liegt aber offenbar Voraussetzung dessen, was erwiesen werden soll (petitio principii). Denn indem ich annehme, der Körper A bleibe in absoluter Ruhe, muß ich schon voraussetzen, daß seine Bewegung dem gleichförmigen Fortschieben der Fläche durch DA gerade entgegengesetzt sey, d. i. daß er sich, wenn die Fläche ruhete, gleichförmig durch AD bewegen würde.

Noch einen andern Versuch eines solchen Beweises finde ich beym **Brisson**. Man setze, zwo Kräfte nach AB und AC wirken eine gewisse Zeit hindurch auf den Punkt A, und verlassen ihn hernach, so ist gewiß, daß er wenigstens während der Zeit, da die Kräfte wirken, die Diagonale AD beschreiben wird. Verlassen ihn nun diese Kräfte, so wird er vermöge der Trägheit in der angefangenen Diagonale gleichförmig fortgehen, die Zeit, durch welche die Kräfte gewirkt haben, mag lang oder kurz gewesen seyn. Da also auf die Länge dieser Zeit nichts ankömmt, und sie weder in der Richtung noch in der Geschwindigkeit der Bewegung etwas ändert, so folgt, daß der Körper auch selbst

Digitized by Google

in dem Falle die Diagonale beſchreiben muß, wenn dieſe Zeit unendlich klein iſt, oder wenn er von den beyden Kräften nur einen augenblicklichen Stoß bekommen hat. Man wird aber auch in dieſem Beweiſe den Fehler bald bemerken. Es iſt kein Zweifel, daß die Bewegung in der Diagonale durch Trägheit gleichförmig fortdauert, wenn ſie einmal angefangen hat: daß aber beym augenblicklichen Stoße dieſe Bewegung wirklich angefangen werde, folgt daraus noch nicht, und iſt doch eigentlich das, was hier erwieſen werden ſollte.

Es läſt ſich alſo der Grundſatz der zuſammengeſetzten Bewegung in der gehörigen Strenge nur auf ſolche Bewegungen anwenden, bey welchen der Körper von immer fortwirkenden Kräften, die ihn nie verlaſſen, ſtets gleichförmig, oder wenigſtens immer in gleichem Verhältniſſe, nach der Richtung AB und AC fortgeſchoben wird. Mit dieſer Einſchränkung aber würde ſeine Brauchbarkeit ſehr gering ſeyn. Man wünſcht in den Unterſuchungen der Mechanik nicht blos ſolche Bewegungen, wie hier erfordert werden, ſondern überhaupt alle gleichförmige Bewegungen zuſammenzuſetzen; noch mehr, man wünſcht den Satz auch auf Zuſammenſetzung der Kräfte auszudehnen, indem man die Größe jeder Kraft durch die gerade Linie oder durch den Weg ausdrücken will, durch welchen ſie den Körper binnen einer gewiſſen Zeit mit gleichförmiger Bewegung treiben würde. Dieſe Erweiterung darf man ſich wohl nicht ohne Beweiß verſtatten, wie dies von ſo vielen mechaniſchen Schriftſtellern geſchehen iſt, welche den Grundſatz in der größten Allgemeinheit angenommen, und die Theorie des Hebels ſammt der ganzen übrigen Statik und Mechanik darauf gegründet haben.

Herr Käſtner (Progr. Vectis et compoſitionis virium theoria evidentius expoſita. Lipſ. 1753. 4.) hat daher dieſe Lehre ganz anders geordnet, und die Zuſammenſetzung der Kräfte in vollkommner Strenge gerechtfertigt, indem er ſie auf die Theorie des Hebels gründet. Er erweiſet zuerſt das Geſetz des Gleichgewichts am geradlinigten Hebel, ſo wie es beym Worte Hebel (Th. II. S. 568 u. f.) vorge-

tragen wird, gründet darauf die Theorie des Winkelhebels, und beweiſet daraus, daß, wenn man Taf. XXVII. Fig. 87. auf den Richtungen zwoer Kräfte P, Q, von dem Punkte M an, wo ſie einander ſchneiden, zwo Linien MT, MV nimmt, die ſich, wie die Kräfte P, Q, verhalten, und das Parallelogramm MTCV unter dieſen Linien ergänzt, alsdann die Diagonale deſſelben MC die mittlere Richtung ſey, d. h. daß die beyden Kräfte P, Q, nach den Richtungen MP, MQ, zuſammen den Punkt M eben ſo follicitiren, wie eine einzige Kraft, welche auf ihn nach der Richtung MC wirkte, ſ. Winkelhebel.

Es iſt nun noch zu erweiſen übrig, daß dieſe mittlere nach MC wirkende Kraft (wenn ſie eben ſoviel thun ſoll, als die beyden äuſſern MT, MV), auch der Gröſſe oder Stärke nach, der Diagonale MC proportional ſeyn müſſe, d. h. daß ſie ſich zu den beyden äuſſern Kräften, wie MC zu MT und MV, verhalten müſſe. Dieſen Beweis führt Herr Käſtner auf folgende Art.

Taf. XXVII. Fig. 103. wirken auf M zwo Kräfte, deren Richtungen und Gröſſen durch die Linien MT und MV ausgedrückt werden. Ergänzt man alſo das Parallelogramm MTCV, ſo giebt deſſen Diagonale MC dem vorigen gemäß die mittlere Richtung an. Man fragt nun nach der Gröſſe dieſer nach MC gerichteten Kraft, welche gerade eben ſoviel, als MT und MV zuſammen, wirken ſoll. Geſetzt, dieſe Gröſſe ſey = x.

Nun ſtelle man ſich die Verlängerung von CM als einen Faden Mc vor, ſo wird an dieſem Faden eine Kraft nach Mc ziehen können. Wenn dieſe nun gerade den Punkt M zurückhalten ſoll, daß ihn die Kräfte MT und MV nicht nach MC treiben, ſo muß ſie der mittlern Kraft entgegengeſetzt und gleich, mithin auch = x ſeyn.

Weil aber die drey Kräfte x, MT, MV einander an M gerade im Gleichgewichte erhalten ſollen, ſo kan man auch x und MT als ein paar äuſſere anſehen, aus denen eine mittlere entſtehen muß, die mit MV das Gleichgewicht hält, folglich MV gerade entgegengeſetzt ſeyn muß. Alſo

giebt VM verlängert, Mu die Diagonale des Parallelogramms unter den äußern Kräften x und MT.

Man ſetze nun Mc ſolle = x ſeyn, ſo daß das genannte Parallelogramm McuT werde; ſo muß der Punkt c ſo liegen, daß cu=MT=CV, und weil der Punkt u in der verlängerten Linie VM ſeyn muß, ſo iſt MVC=Muc (als Wechſelswinkel zwiſchen Parallelen) auch CMV=cMu (als Vertikalwinkel), mithin iſt auch MCV=Mcu, und die Dreyecke MCV und Mcu, welche einerley Winkel und die gleichen Seiten CV und cu haben, decken einander. Folglich iſt Mu=MV, und Mc=MC=x. Alſo ſtellt die Diagonale MC nicht nur die Richtung, ſondern auch die Größe der mittlern Kraft zu den beyden äußern MT, MV vor, welches zu erweiſen war.

Wenn daher ein Punkt von zwoen Kräften zugleich getrieben wird, welche ſich den Richtungen und Größen nach, wie die Linien MT, MV verhalten, ſo wiederfährt ihm eben ſoviel, als ob ihn nur eine Kraft triebe, deren Richtung und Größe durch die Linie MC (die Diagonale des Parallelogramms MTCV) ausgedrückt wird. So laſſen ſich Kräfte völlig nach eben den Regeln, wie Bewegungen, zuſammenſetzen.

Die mittlere Kraft MC kan nie ſo groß ſeyn, als die Summe der beyden äußern Kräfte MT+MV, weil die Diagonale eines Parallelogramms jederzeit kürzer iſt, als die Summe ſeiner beyden Seiten. Es geht alſo bey der Zuſammenſetzung allemal etwas von der Summe der Kräfte verlohren. Man überſieht dieſes ſehr deutlich, wenn man die Zerlegung zu Hülfe nimmt, von der unter einem eignen Artikel gehandelt worden iſt. Es laſſen ſich nemlich die Kräfte MT, MV, jede in ein paar andere zerlegen, wovon allemal die eine der mittlern MC parallel, die andere auf MC ſenkrecht iſt. Die beyden auf MC ſenkrechten werden einander entgegengeſetzt und gleich, heben ſich alſo beym Zuſammenkommen gerade auf; und es bleiben nur die beyden mit MC parallelen übrig, welche zuſammen MC ſelbſt ausmachen. Die Verminderung oder der Abgang von der Summe der äuſſern Kräfte entſteht durch die wechſelſeitige Auf-

Digitized by Google

hebung jener einander entgegengesetzten Theile. Diese Verminderung ist stärker, wenn der Winkel der äussern Kräfte TMV groß ist, oder wenn ihre Richtungen weit auseinandergehen; sie ist hingegen geringer, wenn der genannte Winkel klein ist, oder die Richtungen beyder äussern Kräfte mehr conspiriren.

Sind die äussern Kräfte MT=p, MV=q nebst dem Winkel ihrer Richtungen TMV=k bekannt, so giebt die Trigonometrie die mittlere Kraft, oder

$$MC = \sqrt{(p^2+q^2-2pq.\cos k)}$$

ingleichen $\sin TMC = \frac{q.\sin k}{MC}$ und $\sin VMC = \frac{p.\sin k}{MC}$.

Auch verhalten sich p und q, wie die Sinus von VMC und TMC. Die äussern Kräfte verhalten sich verkehrt, wie die Sinus der Winkel, die sie mit der mittlern machen. Ferner

$$MC : p = \sin k : \sin VMC$$
$$MC : q = \sin k : \sin TMC,$$

oder: Die mittlere Kraft verhält sich zu jeder äussern, wie der Sinus des Winkels beyder äussern zum Sinus des Winkels der andern äussern mit der mittlern.

Kommen drey und mehrere Kräfte zusammen, so kan man zuerst zwo davon zusammensetzen, dann die daraus entstandene mittlere Kraft, als eine äussere betrachtet, mit der dritten, u. s. f. zusammensetzen.

Sollen drey Kräfte gerade im Gleichgewichte stehen, so müssen jede zwo derselben zusammengesetzt, eine mittlere geben, die der dritten genau gleich und entgegengesetzt ist. Denn nur unter dieser Bedingung wird die vereinte Wirkung jedes Paares derselben durch die dritte gerade aufgehoben. So stehen Fig. 103. MT, MV, Mc im Gleichgewichte, die sich den Größen und Richtungen nach mit den drey Seiten MT, TC, CM des Dreyecks MTC vergleichen lassen. Dies ist Stevins bekannter Grundsatz des Gleichgewichts dreyer Kräfte, s. Gleichgewicht (Th. II. S. 503).

Digitized by Google

Bringen die Kräfte keine gleichförmigen, ſondern veränderte Bewegungen hervor, ſo kan man dieſelben wenigſtens in unendlich kleinen Zeittheilchen als gleichförmig anſehen, und aus der Zuſammenſetzung der Elemente des Weges Differentialgleichungen für dieſelben herleiten. Auf ſolche Art findet man bald, daß die zuſammengeſetzte Bewegung geradlinigt bleibt, wenn die äuſſern Kräfte nur immer parallel, und die Geſchwindigkeiten, die ſie an jeder Stelle des Weges erzeugen, in einerley Verhältniſſe bleiben. Aendern ſich hingegen die Richtungen, oder die Verhältniſſe der Geſchwindigkeiten, ſo wird der Weg eine krumme Linie, deren Natur aus jenen Differentialgleichungen gefunden werden muß. So bleibt Zuſammenſetzung der Kräfte und Bewegungen immer der Grund, auf welchen die meiſten Unterſuchungen der höhern Mechanik, ſelbſt bey krummlinigten Bewegungen, gebaut werden müſſen. Beyſpiele hievon geben die Artikel: Centralbewegung, Fall der Körper auf krummen Linien, Wurf u. a.

Die Wege MT, MV, MC, welche in gleichen Zeiten mit gleichförmiger Bewegung zurückgelegt werden, verhalten ſich, wie die Geſchwindigkeiten, mit denen ſie beſchrieben werden. Sie drücken daher durch ihre Verhältniße gegen einander nicht blos Verhältniße der Bewegungen und Kräfte, ſondern auch der Geſchwindigkeiten aus. Alſo kan man auch Geſchwindigkeiten zuſammenſetzen, d. h. ſich vorſtellen, der Punkt M, dem die beyden Geſchwindigkeiten MT und MV zugleich mitgetheilt werden, bekomme dadurch die Geſchwindigkeit MC.

Da ſich jede gerade Linie als eine Diagonale unzählich vieler Parallelogrammen anſehen läſt, ſo kan man jede geradlinigte gleichförmige Bewegung, jede Kraft und jede Geſchwindigkeit auf unzählich mannichfaltige Art als ein Reſultat zweyer andern Bewegungen, Kräfte oder Geſchwindigkeiten anſehen, deren Richtungen und Größen allemal durch die beyden Seiten eines dieſer Parallelogrammen ausgedrückt werden, ſ. Zerlegung der Kräfte und Bewegungen.

Dieſe Lehren ſind unbeſchreiblich fruchtbar an nützlichen Anwendungen. Der Raum würde fehlen, um auch nur die vornehmſten derſelben hier auszuführen. Ich will nur einiger wenigen, gleichſam zur Probe, gedenken, und bemerken, daß man etwas mehreres und vollſtändigeres hievon beym Muſſchenbroek (Introd. ad philoſ. nat. To. I. §. 572 ſqq.) findet.

Würde z. B. ein Schif in einer gegebenen Zeit vom Strome allein durch MV, vom Winde allein durch MT getrieben, ſo führen es beyde zuſammen in eben der Zeit durch MC. Wird dem Winde ein Segel entgegengeſtellt, auf deſſen größere Fläche er mit mehr Macht wirken kan, ſo wird die Bewegung durch MT verſtärkt, und dadurch die Diagonale MC ſowohl der Richtung als der Größe nach geändert. Stellt man das Segel dem Winde ſchief entgegen, wie CE, Taf. XXVII. Fig. 104. gegen die Richtung des Windes VD geſtellt iſt, ſo läſt ſich erſtlich die Kraft des Windes in zwo zerlegen, deren eine mit CE parallel läuft, und gar nicht aufs Segel wirkt, die andere aber auf CE ſenkrecht ſteht, und durch das Perpendikel DG ausgedrückt werden mag. Dieſe letztere Kraft wirkt allein, und würde das Schif, wenn das Waſſer gar nicht widerſtünde, ſeitwärts nach der Richtung DG forttreiben. Es läſt ſich aber DG wiederum nach zwo Richtungen zerlegen, deren eine DF auf die durch den Schwerpunkt D gehende Axe des Schifs oder den Kiel AB ſenkrecht iſt, die andere FG mit dem Kiele parallel läuft. Nun kan man den Widerſtand des Waſſers ſo anſehen, als ob er gegen die große Seitenfläche AE, mit der ſich das Schif gegen das Waſſer ſtemmt, gerichtet, und alſo der Kraft oder Bewegung nach DF gerade entgegengeſetzt wäre. Iſt alſo dieſer Widerſtand ſo ſtark, daß er die Bewegung nach DF gerade aufhebt, ſo bleibt ganz allein die Kraft FG übrig, welche das Schif parallel mit dem Kiele BA forttreibt, nach welcher Richtung das Waſſer wegen der keilförmigen Geſtalt des Schifs wenig oder gar keinen Widerſtand thun kan. Weil aber in der That DF nur zum Theil, nicht ganz, aufgehoben, auch gegen FG noch einiger Widerſtand vom Waſſer ausgeübt

Digitized by Google

wird, so ist der wahre Weg des Schifs nicht ganz mit FG parallel, sondern weicht von DA etwas zur Seite ab, und nimmt die Richtung DL, welche von der Richtung des Kiels um den Winkel BDL (*angle de la derive*) abweicht.

Auf ähnliche Art läst sich erklären, wie das Schif vermittelst des Steuerruders regiert werde, welches sich um den Punkt B am Hintertheile drehen läst. Giebt man nemlich dem Steuerruder eine schiefe Stellung, indem das Schif vorwärts geht, so stößt die Fläche des Ruders schief gegen das Wasser, welches eben soviel ist, als ob das Wasser nach der entgegengesetzten Richtung AB einen Stoß gegen die schief gestellte Fäche ausübte. Von diesem Stoße wirkt in die Fläche nur der auf sie senkrechte Theil, und dieser läst sich wiederum in zween Theile zerlegen, deren einer dem Kiele AB gleichlaufend, der andere auf selbigen senkrecht ist. Jener Theil hält den Fortgang des Schifs nach der Richtung BA etwas auf. Dieser treibt den Punkt B seitwärts, bewirkt dadurch eine Drehung des Schifs um seinen Schwerpunkt, und macht, daß das Vordertheil A nach der andern Seite geht, und das ganze Fahrzeug dadurch gelenkt wird.

Hierauf beruhet auch die Einrichtung der Fähren oder fliegenden Brücken, welche an einem Seile so befestiget sind, daß der Strom sie nicht mitnehmen kan, übrigens aber gegen die Richtung des Stromes schief gestellet, und so durch die Gewalt desselben von einem Ufer zum andern getrieben werden (s. **Leupold** Theatrum pontificiale. Leipzig, 1726. fol. Cap. XXII. Tab. XL. *Muschenbroek* Introd. To. I. §. 578.). Aus ähnlichen Gründen werden die papiernen Drachen vom Winde gehoben, s. **Drache, elektrischer**, die Flügel der Windmühlen umgedreht, und horizontale Räder mit schief eingesetzten Blechen vom Rauche, so wie die gewöhnlichen Rabventilatoren in den Fenstern vom Luftzuge, umgetrieben.

Ueber Gewichte, die an Fäden ziehen und sie nach verschiedenen Richtungen spannen, hat **Newton** (Arithmetica universalis. Probl. Geometr. 48. 49.) sinnreiche Untersuchungen angestellt, welche sich auf Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte gründen, und von **Mylius** (Acta

Acad. Elect. Scient. utilium Erfordinae To. I. Erf. 1757. 8. art. V.) erläutert worden ſind. Man kan die Muſkelfaſern als ſolche Fäden anſehen, und daraus die Berechnungen über die Kraft der Muſkeln herleiten, wovon beym Worte Muſkeln (Th. III. S. 297 u. f.) Beyſpiele vorkommen. Wie das Wunderbare, welches die angeblich ſtarken Männer durch Aufhebung großer Laſten u. dgl. verrichten, auf mechaniſchen Vortheilen beruhe, die ſich aus Zuſammenſetzung und Zerlegung der Kräfte verſtehen laſſen, zeigt Deſaguliers (Courſe of experimental Philoſ. Vol. I. Annot. lect. 4. p. 255).

Ueberhaupt giebt es wenig mechaniſche Unterſuchungen, welche nicht durch dieſe Lehren entweder ganz begründet, oder doch wenigſtens erleichtert würden. Als Beyſpiele will ich nur die Theorien der ſchiefen Fläche, ſamt allem, was davon abhängt, aller krummlinigten Bewegungen, der Ebbe und Fluth, der Perturbationen im Laufe der Himmelskörper u. ſ. w. anführen, worüber die von dieſen Gegenſtänden handelnden Artikel nachgeſehen werden können.

v. Muſchenbroek Introd. ad philoſ. natur. To. I. §. 572 ſqq.

Käſtner Anfangsgr. der Mechanik, Göttingen, 1780. 8. §. 60 u. f. S. 31 u. f.

Briſſon Dictionn. raiſonné de phyſ. Art. *Compoſition du mouvement.*

Zuſammenziehung, ſ. **Verdichtung.**

Zweyſchattichte, Amphiſcii, *Amphiſciens.* Die Bewohner der heißen Zone, deren Schatten im Mittage bald nordwärts, bald ſüdwärts fällt. Für jeden Ort der heißen Zone giebt es im Jahre zween Tage, an welchen die Sonne im Mittage durch den Scheitel geht, wenn nemlich die Abweichung der Sonne der Polhöhe oder geographiſchen Breite des Orts gleich wird; an dieſen Tagen ſind die Bewohner des Orts **unſchattricht.** Zwiſchen dieſen Tagen aber geht die Sonne in dem einen Theile des Jahres ſüdwärts, im andern nordwärts des Scheitels durch den Mittagskreis, und die Schatten fallen in jenem Theile nach Norden, in dieſem nach Süden, daher die Benennung

Zweyſchattichte entſtanden iſt. Beym Varenius (Geogr. gen. To. III. c. 17. prop. 3.) heißen die Bewohner dieſer Orte aus den angeführten Gründen Aſcii-Amphiſcii.

Zwiſchenmittel, Intermedium, *Intermède*, *Corps intermédiaire*. Mit dieſem allgemeinen Namen belegt man die Materien, vermittelſt deren ſich Wirkungen von einem Körper zu einem andern entfernten fortpflanzen, es mag nun dieſes durch wirklichen Uebergang einer Materie von einem Orte zum andern (Emiſſion, Emanation), oder durch bloße in den Theilchen der Materie fortgepflanzte Stöße oder Schwingungen (Vibration) geſchehen. So iſt die Luft das Zwiſchenmittel, wodurch der Schall vom ſchallenden Körper zu unſerm Ohre gelangt. Das Sehen geſchieht durch ein Zwiſchenmittel, das wir Licht nennen, ſ. Licht, Emanationsſyſtem, Vibrationsſyſtem. Ob es Wirkungen in die Ferne ohne Zwiſchenmittel (actiones in diſtans) gebe, iſt ungewiß: in vielen Fällen, wie z. B. bey der Gravitation, bemerken wir zwar kein Zwiſchenmittel; es folgt aber darum noch nicht, daß in der That keines vorhanden ſey.

In der Lehre von den chymiſchen Verwandſchaften wird unter einem Zwiſchenmittel (corpus approprians) ein Stof verſtanden, der zween andere, die mit einander nicht unmittelbar in Verwandſchaft ſtehen, durch ſeine Verwandſchaft mit beyden, vereiniget, ſ. Verwandſchaft (oben S. 475).

Zwiſchenräume der Körper, Poren, Pori, Intervalla, Interſtitia corporum, *Pores*, *Interſtices des corps*. Die Räume, welche innerhalb der Grenzen eines Körpers von der ihm eignen undurchdringlichen Materie nicht ausgefüllt werden, ſondern zwiſchen den materiellen Theilen leer bleiben. Dergleichen ſind z. B. die Löcher eines Schwammes, und die unzählbaren Oefnungen, mit welchen man dünne Queerſchnitte von Hölzern jeder Art durchbohrt findet, wenn man dieſelben durchs Mikroſkop betrachtet. Dieſe Zwiſchenräume dienen entweder fremden

zum Körper selbst nicht mit gehörigen Materien, z. B. der Luft, oder noch feinern Stoffen, zum Aufenthalte, oder sie sind von aller Materie leer. Im letzten Falle machen sie dasjenige aus, was man zerstreute Leere (vacuum disseminatum) nennet, s. Leere. Wahrscheinlich aber werden die sichtbaren Zwischenräume größtentheils von der Materie des den Körper umgebenden Mittels, z. B. Luft, Wasser u. s. w. ausgefüllt.

Ein Körper, der sein ganzes Volumen ohne alle Zwischenräume völlig mit seiner undurchdringlichen Materie ausfüllte, würde vollkommen dicht und für jeden andern noch so feinen Stof impermeabel seyn. Dergleichen Körper aber kennen wir nicht. Daher findet nie vollkommene Dichte, wohl aber größere oder geringere Dichte statt, je nachdem der Körper unter ebendemselben Volumen, z. B. im Raume eines Cubikzolls, mehr Materie und weniger Zwischenräume, oder weniger Materie bey mehr Zwischenräumen enthält. Da die Menge der Materie durchs Gewicht erkannt wird, so ist ein Körper dichter, oder hat weniger Zwischenräume, als ein anderer, wenn er unter eben demselben Volumen mehr wiegt, oder wenn er specifisch schwerer ist, als der andere, s. Dichte, Masse, Schwere, specifische. Platina und Gold sind unter allen bekannten Körpern die schwersten und dichtesten, haben also in Vergleichung mit andern die wenigsten Zwischenräume; inzwischen sind sie dennoch von einer vollkommenen Dichte und Impermeabilität sehr weit entfernt, indem sie sich nicht allein vom Wärmestof, sondern auch von Auflösungsmitteln, z. B. vom Königswasser, durchdringen lassen.

Musschenbroek (Introd. ad philos. nat. To. I. §. 91) führt von der Porosität aller Körper, welche in unsere Sinne fallen, folgende Beweise an:

1. Dünne Blättchen vom reinsten Golde werden, gegen das Licht gekehrt, durchsichtig gefunden, und sehen wie ein grünes Glas aus. Schon das bloße Auge, noch mehr das Mikroskop, zeigt in dünnen Blättchen Gold, Silber, Messing, Zinn unzählbare kleine Löcher. Das angenehm-

Digitized by Google

ste Schauspiel gewähren Queerschnitte von Zweigen, die man mit dem Federmesser so dünn als möglich schneidet. Jede Art von Gewächsen, von den härtesten Hölzern bis zu den zärtesten Pflanzen, zeichnet sich durch eine eigenthümliche Anordnung ihrer Zwischenräume aus. Die Theile der thierischen Körper sind dichter, und haben nicht so weite und häufige Poren.

2. Da kein Körper durch die materiellen Theile des andern dringen kan, so muß jede Masse, welche von andern Stoffen durchdrungen wird, nothwendig porös seyn. Nun dringt das Licht durch alle dünne Körper, weil man dünne Scheiben von allen Stoffen im Mikroskope durchscheinend findet; es dringt sogar durch dickere. Wenn man den Finger vor die Oefnung im Laden des verfinsterten Zimmers hält, so läst er das Sonnenlicht, wie Horn, durchscheinen, und eben so werden die dichten und harzigen Knoten im Holze durchscheinend. Ueberdies werden alle feste und flüßige Körper vom Feuer erwärmt; es muß also der Wärmestof sie alle, und zwar nicht ihre undurchdringliche Materie, sondern ihre Zwischenräume, durchdringen, und aus denselben wieder herausgehen können. Auch die Ausflüße der sympathetischen Dinten, welche durch Holz, durch viele lagen Papier, Metallblättchen u. d. gl. hindurchgehen, und unsichtbare Schrift lesbar machen, beweisen die Porosität aller dieser Körper.

3. Es giebt sogar dichtere Flüßigkeiten, welche durch andere Körper dringen. Homberg (Hist. de l'acad. roy. des sc. 1713. p. 409.) bereitete ein Spießglas, das an gelindem Feuer wie Wachs floß, und auf eine Silberplatte gelegt, durch die Hitze ins Silber, wie Wasser in Löschpapier, eindrang, ohne ein Loch zu machen. Queckſilber zieht sich in Gold, Silber, Kupfer, Messing, Zinn, Bley, wie in einen Schwamm, ein, dringt in Salben gebracht in die Haut des menschlichen Körpers, und schwitzt mit Hülfe des Drucks durch Leder. Das Wasser durchdringt alle thierische Häute, und macht sie weich und biegsam; auch zieht es sich in alle Theile der Pflanzen, deren Nahrung es ausmacht oder mit sich führt; es dringt in Zucker, Salze,

Digitized by Google

Sand, Erden und in die meiſten gepülverten Subſtanzen, ja ſo gar in einige Steine, z. B. in den Marmor. Der Marmor iſt ſo porös, daß man ganze ungefärbte Stellen deſſelben durch Spiritus, worinn Harze aufgelöſet ſind, oder durch Ueberziehung mit geſchmolzenem Wachs, Terpentin, Pech, Maſtix ꝛc. mit dünnen Pigmenten vermiſcht, buntfleckig färben kan. Scheidewaſſer nimmt die Bäumchen und Bilder aus den Dendriten hinweg, und zeigt, daß der Agat, der es in ſich zieht, ſehr porös ſey. Oele dringen in Schwefel und in einige Steine.

4. Auch flüßige Materien dringen in einander ein, und ſind daher porös. Man ſchütte in eine kleine gläſerne Flaſche mit einem langen und engen Halſe, die ſich mit einem Glasſtöpſel verſchließen läſt, zwey Drittel Vitriolöl, thue ein Drittel Waſſer hinzu, verſchließe die Flaſche, ſchüttle alles wohl um und verhüte ſorgfältig, daß nichts verfliege. Die Miſchung wird ſtark aufbrauſen, und wenn ſich Hitze und Brauſen gelegt haben, ein kleineres Volumen, als vorher, einnehmen, weil Waſſer und Vitriolöl wechſelſeitig eines in des andern Zwiſchenräume eindringen. Etwas ähnliches geſchieht, wenn man zwey Drittel Waſſer mit einem Drittel Weingeiſt vermiſcht, wodurch beyde Liquoren ſich um $\frac{1}{50}$ des ganzen Volumens zuſammenziehen; auch, wenn man Waſſer mit Salpetergeiſt, Salzgeiſt und zerfloßenem Weinſteinſalz, oder Eſſig mit Sodaſalzlauge vermiſcht, nach Hook's, Hawkesbee's (Phyſico-mechanical exper. Append. Exp. 13.), und Reaumür's (Hiſt. de l'acad. roy. des ſc. 1733. p. 25. ſqq.) Verſuchen. Daß die Luft von allen flüßigen Materien, welche ſie in ſich ziehen, durchdrungen werde, iſt daraus klar, weil Flüßigkeiten, die eine merkliche Menge Luft eingeſogen haben, dennoch am Volumen wenig oder gar nicht zunehmen.

Die Größe, Menge und Geſtalt der Poren iſt in den meiſten Körpern nach der verſchiedenen Art und Beſchaffenheit derſelben verſchieden, wie die mikroſkopiſchen Beobachtungen zeigen. Vornehmlich gewährt die Betrachtung der Pflanzen viel Vergnügen, worüber man Malpighi (Anatome plantarum. Lond. 1676. fol. Tab. V. VI.)

Leeuwenhoek (Epiſtol. 29. Continuat. III. Epiſt. 74. Cont. V. Epiſt. 88.) und Adams (Micrograph. illuſtrata. Tab. XLVIII-LI.) nachſehen kan. Die Vergrößerungsgläſer zeigen in manchen Körpern eine ſolche Menge und Größe der Zwiſchenräume, daß man faſt zweifelhaft wird, ob ſie aus maſſiven Theilen beſtehen, wie z. B. im Kork, den Schwämmen und den leichten Hölzern.

Wenn wir einen einzigen in die Sinne fallenden Körper ohne alle Zwiſchenräume fänden, ſo würde es möglich ſeyn, Verhältniſſe der Poroſität aller Körper anzugeben. Denn geſetzt, ein ſolcher vollkommen dichter Körper von der Größe eines Cubikzolles wöge 1 Pfund, und ein anderer von eben der Größe nur ½ Pfund, ſo müſten die Zwiſchenräume im letztern die Helfte ſeines Raumes einnehmen, und nur die andere Helfte könnte mit undurchdringlicher Materie erfüllt ſeyn. Auf eben dieſe Art könnte man allezeit genau wiſſen, wie viel Raum die Materie, und wie viel die Zwiſchenräume in jedem Körper einnähmen; bis jetzt aber kennen wir noch keinen vollkommen dichten Körper, und können alſo hierüber nichts beſtimmen.

So ſchwer das Gold iſt, ſo iſt es dennoch ſehr porös: man nehme einſtweilen an, die Zwiſchenräume deſſelben machten die Helfte ſeines Volumens aus, und die andere Helfte beſtehe aus dichter Materie. Nun iſt das Waſſer bey gleichem Volumen 19½mal leichter, als Gold; es muß ſich alſo im Raume des Goldes 19½mal mehr Materie, als im Raume des Waſſers, befinden. Wenn nun die im Raume des Goldes vorhandene Materie die Helfte deſſelben ausmacht, ſo muß die im Raume des Waſſers vorhandene noch 19½mal weniger betragen, und es müſſen ſich die Zwiſchenräume im Waſſer zu dem Theile, den die ſolide Materie ausfüllt, wie 38½ zu 1 verhalten. Der Kork iſt 81½mal leichter, als Gold; mithin muß ſich nach eben dieſen Schlüſſen die Summe der Zwiſchenräume im Korke zu dem ſoliden Theile, wie 163 zu 1 verhalten. Wer ſollte wohl glauben, daß es ſo wenig Materie in den Körpern gebe? Und vielleicht haben ſie deren in der That noch weit

weniger, als der eben gemachte Ueberschlag anzugeben scheint.

Um sich einen Begrif von den Körpern und ihren Zwischenräumen zu machen, stelle man sich mehrere durchlöcherte Siebe über und an einander liegend vor, so wird daraus eine Masse entstehen, welche von allen Seiten und nach den meisten Richtungen mit vielen durch und durch gehenden Oefnungen durchbohrt ist. Durch eine solche Masse werden seine Theile ungehindert durchgehen können, so wie Staub und Pulver ungehindert durch ein Sieb geht, wenn seine Theile kleiner, als die im Siebe befindlichen Löcher sind. Da nun alle Körper solchen Massen ähnlich sind, so lassen sich hieraus viele sonst unbegreifliche Wirkungen und Erscheinungen erklären. Wenn man ein reines und glattes Stück Silber mit noch so viel Papier und Leinwand umwickelt, über flüchtige Schwefelsäure hält, so wird es in kurzer Zeit ganz schwarz; indem der flüchtige Geist sehr leicht durch die Poren des Papiers und der Leinwand bis zum Silber dringet. Die Ausflüße des Moschus und anderer starkriechenden Substanzen dringen ohne Schwierigkeit durch die Zwischenräume hölzerner Büchsen; Weingeist dünstet durch die Poren hölzerner Gefäße u. s. w.

Dennoch zeigen sich hiebey Erscheinungen, welche nicht von der Größe der Zwischenräume allein abhängen. Oft dringen sehr feine Materien dennoch gar nicht in gewisse Körper ein, obgleich die Poren der letztern weit größer sind, als nöthig wäre, die kleinen Theile jener Materien zu fassen und durchzulassen. Die Zwischenräume des Korks sind ungemein viel größer, als die kleinsten Theilchen des Wassers oder Weines; dennoch dringen diese Liquoren nicht durch den Kork, und aus Flaschen, die mit Kork verstopft sind, läuft, wenn man sie umkehrt, nicht ein Tropfen aus. Durch kameelhärne Zeuge, so weit auch ihre Zwischenräume seyn mögen, dringt doch das Wasser nicht; sie lassen sich daher sehr schiklich zu Regenmänteln gebrauchen. Diese Phänomene scheinen von der Anziehung abzuhängen, s. Adhäsion. Eben so dringt das Licht nicht durch eine Menge Körper, deren Zwischenräume ohne alle Vergleichung

Digitized by Google

größer sind, als die Lichttheilchen im Emanationssystem angenommen werden können; da es hingegen andere weit dichtere Körper, z. B. Glas, Bergkrystall, Diamant, ganz leicht durchdringt.

Kork und Tannenholz, als die leichtesten Hölzer, sind in dünne Scheibchen zerschnitten, am geschicktesten, unter dem Mikroskop die bewundernswürdige Menge der Zwischenräume, die in den Körpern vorhanden sind, nebst ihrer Gestalt und Anordnung zu entdecken. D. Hook hat schon in seiner Mikrographie hierüber merkwürdige Beobachtungen angestellt. In einem Stücke Kork von $\frac{1}{8}$ Zoll Länge lassen sich 60 Zellen in gerader Linie zählen, woraus folgt, daß es deren in der Länge eines Zolles 1080, und wenn man sie von cubischer Gestalt annimmt, in einem Cubikzolle über 1259 Millionen geben müsse. Diese leeren Zellen sind nur durch äusserst feine Scheidewände getrennt, welche einzig und allein die solide Substanz des Körpers ausmachen.

Es ist unmöglich zu bestimmen, wie viel Raum diese geringe Summe der soliden und undurchdringlichen Materie noch einnehmen würde, wenn sie ohne alle Zwischenräume mit vollkommner Dichte zusammengepreßt wäre. Daß aber dieser Raum sehr wenig betragen würde, ist leicht abzusehen. Priestley (Disquisitions relating to Matter and Spirit. London, 1778. 8. p. 17.) sagt ganz richtig, man finde nichts widersprechendes darinn, daß die ganze solide Materie des Sonnensystems in einer Nußschale Platz haben könne; so groß sey selbst in den dichtesten Körpern der leere Raum in Vergleichung mit ihren soliden Bestandtheilen. In der That wird man dieser Behauptung, so paradox sie immer scheinen mag, keinen Erfahrungssatz entgegenstellen können, weil sich unsern Sinnen schlechterdings nichts vollkommen dichtes darstellt. Aber hieraus mit Priestley zu folgern, daß es gar keine undurchdringliche Materie gebe, ist doch ein unverzeihlicher Sprung im Schließen, bey dem man auf einmal allen sinnlichen Schein vergessen und ganz über das Gebiet der Physik hinausgehen muß. Aus dem, was die Beobachtungen lehren,

Digitized by Google

läſt ſich nur ſchließen, daß es weniger Materie gebe, als man nach dem erſten Anſcheine vermuthen ſollte; nicht aber, wie viel es deren, oder daß es gar keine gebe. Herr de Lüc (Briefe über die Geſchichte der Erde und des Menſchen, a. d. frz. Leipzig, 1781. gr. 8. I. Band. S. 93.) antwortet darauf ſehr gründlich, ſo wenig man auch ſolide Materie brauchen möge, um das Weltgebäude zuſammenzuſetzen, ſo brauche man doch immer Etwas, und ohne dieſes Etwas könne man ſich weder Körper, noch Bewegung gedenken. „Soll es Bewegung geben, ſagt er, „ſo iſt doch nothwendig, daß ſich etwas bewege: Wirkſamkeit ohne Subſtanz iſt überall eine Chimäre.“

v. Muſſchenbroek. Introd. ad philoſ. nat. To. I. §. 91. ſeqq.

Briſſon Dict. raiſonné de phyſ. Art. *Pores.*

Ende.

Digitized by Google

Fig. 2

Fig. 3

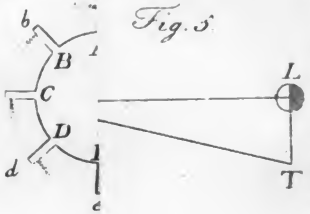
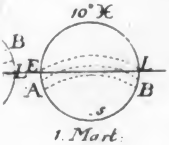


Fig. 7.



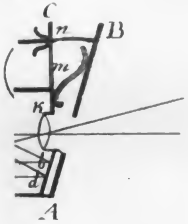


Fig. 13.

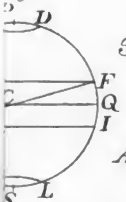


Fig. 14.

Fig. 17.

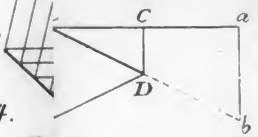
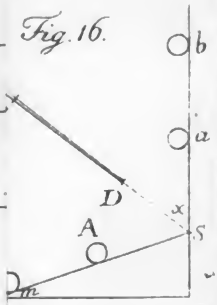
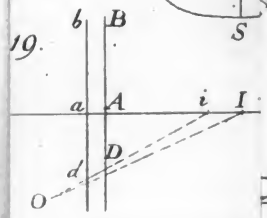


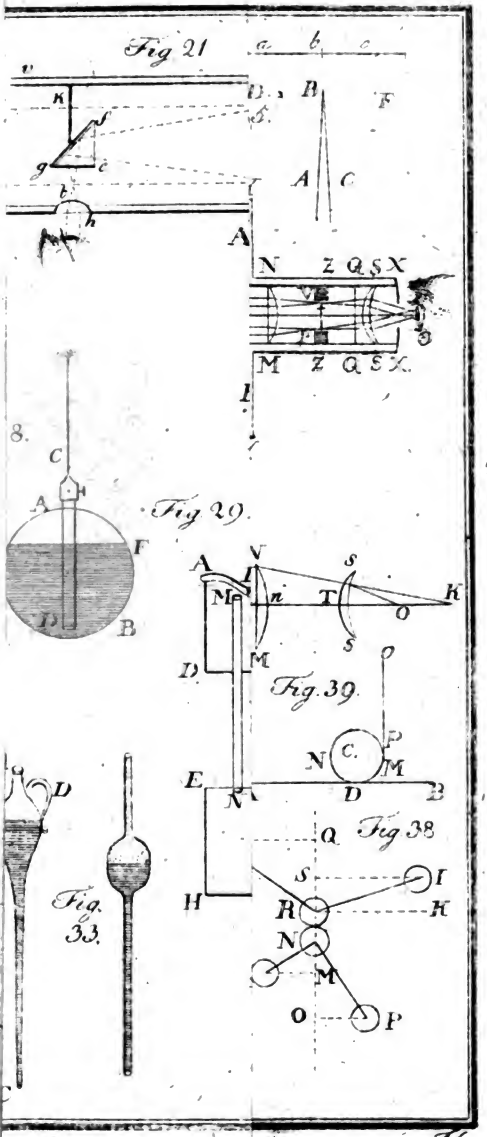
Fig. 16.



19.



Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

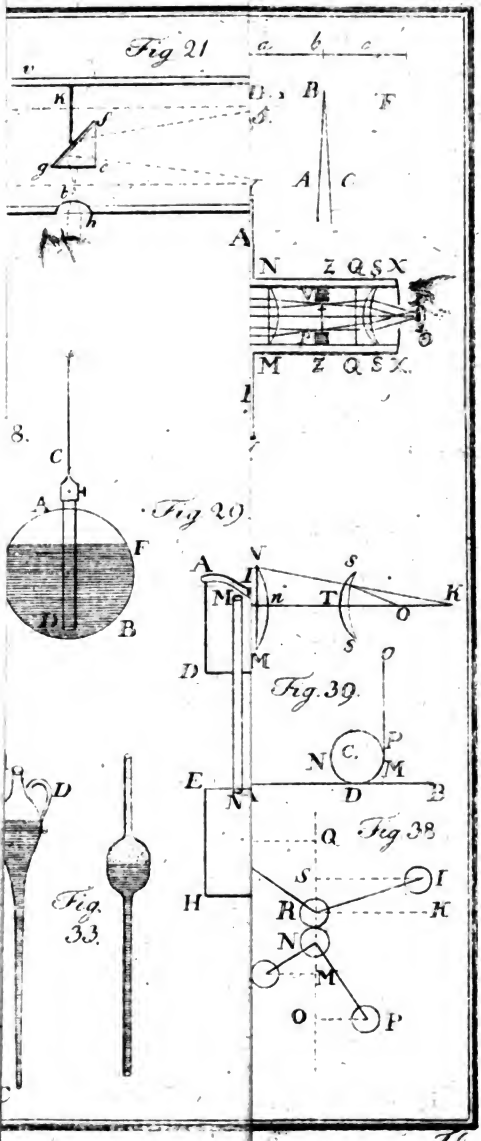


Fig 21
a b c
B
F
A C
A
N Z Q S X
M Z Q S X
8.
C
A
Fig 20.
F
B
A
V
I
S
K
Me
n
T
O
M
D
Fig. 39.
P
N C. M
E
A
D
B
Q
Fig 38
S
I
R
K
N
M
O
P
H
Fig. 33.

Digitized by Google

Fig. 41.

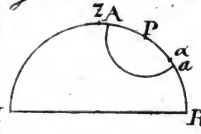


Fig. 45.

Fig. 46.

Fig. 51.

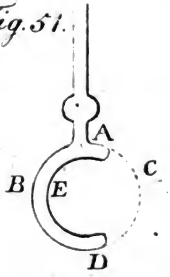
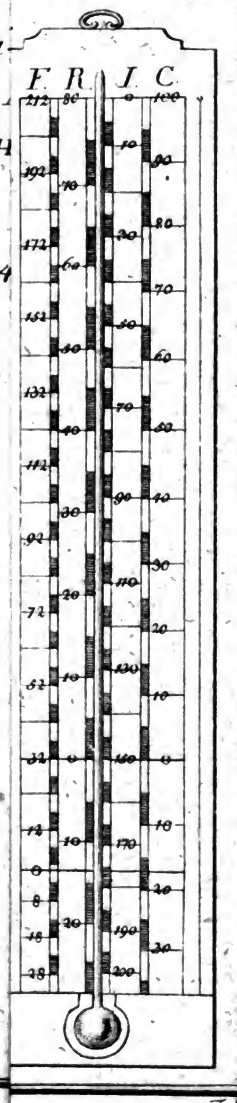


Fig. 4



T. I.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 41.

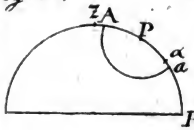


Fig. 45.

Fig. 46.

Fig. 51.

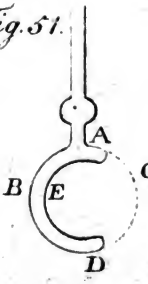
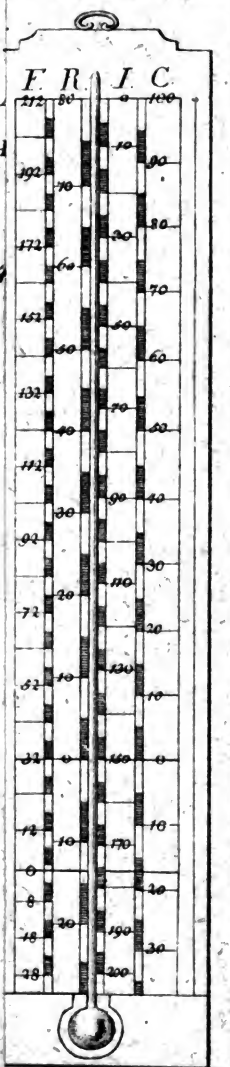


Fig. 4



T. I.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig 56

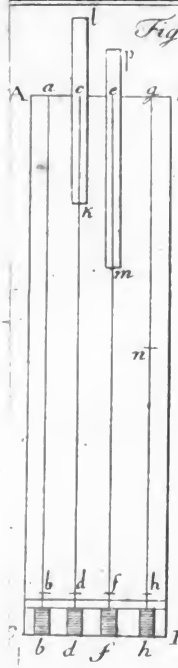


Fig 59

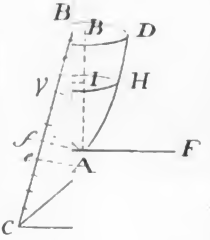


Fig 61

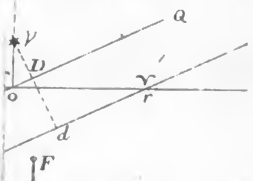
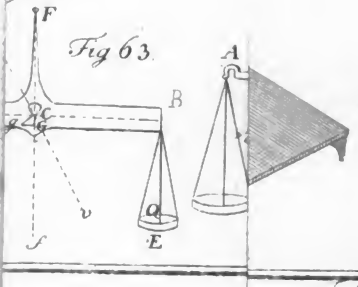


Fig 63



Digitized by Google

Fig. 56.

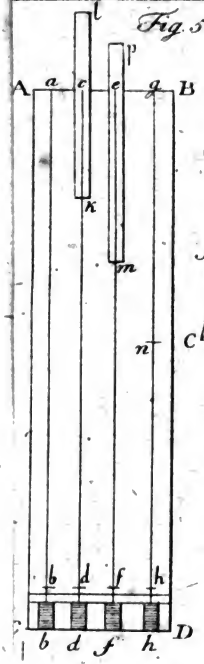


Fig. 59.

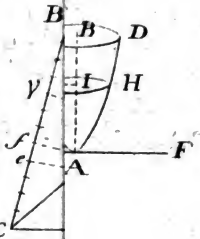


Fig. 61.

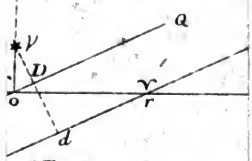
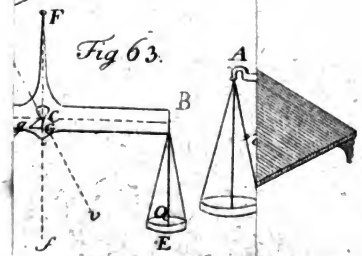
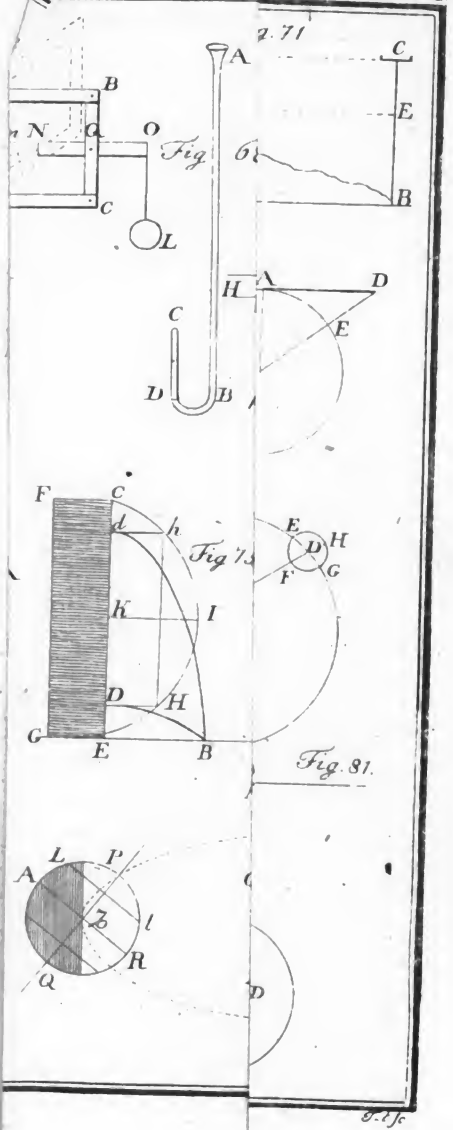


Fig 63.



Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

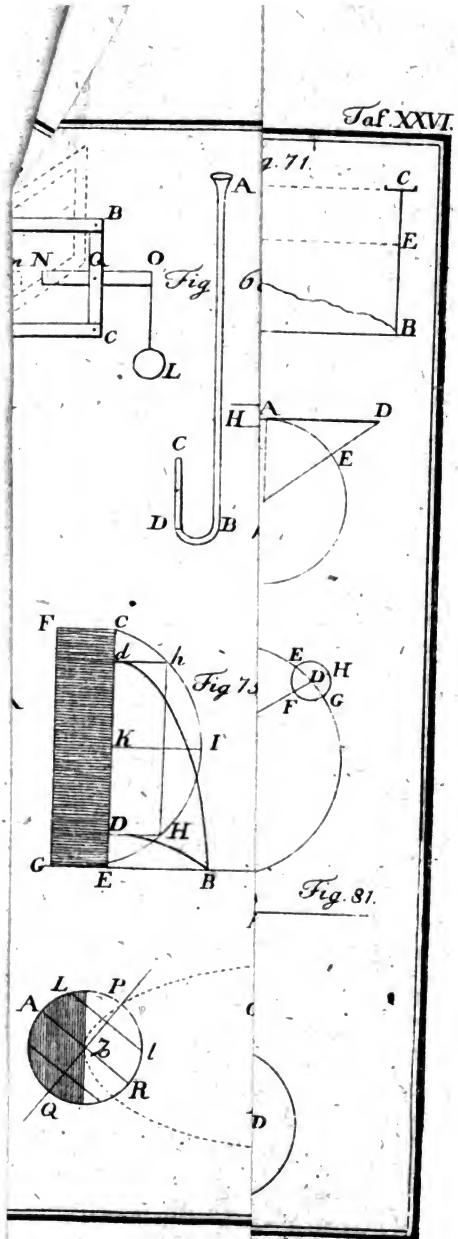
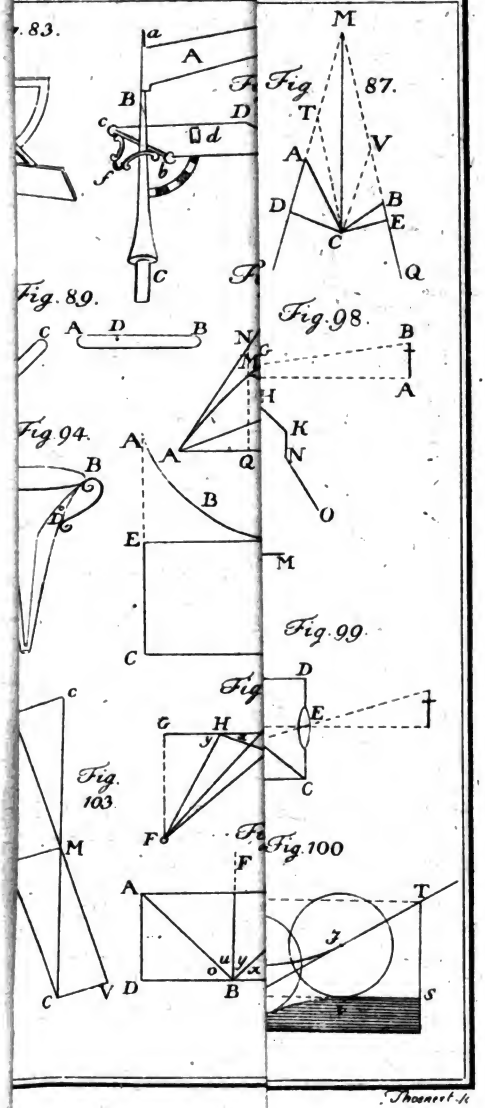


Fig. 71.
A
B
C
N
O
Fig. 72.
L
C
E
G
B
A
D
H
E
C
D
B
F
C
d
h
Fig. 73.
K
I
D
H
G
E
B
E
D
H
F
G
Fig. 81.
A
L
P
Z
l
R
Q
D

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

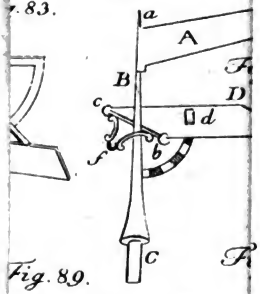


Fig. 87.

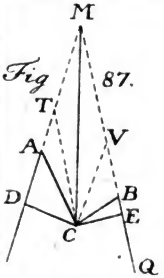


Fig. 89.

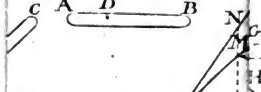


Fig. 98.

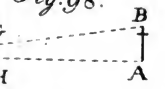


Fig. 94.

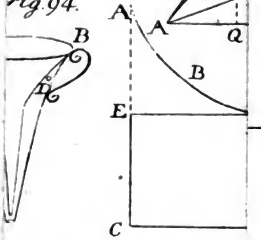


Fig. 99

Fig.

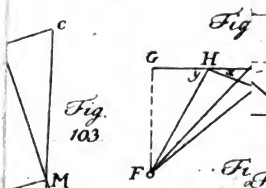
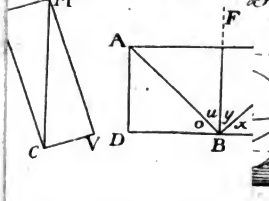


Fig. 103

Fig. 100



Thoenert fc.

Digitized by Google

6. 21.
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google